



**INSTITUTO UNIVERSITÁRIO EGAS MONIZ**

**MESTRADO INTEGRADO EM MEDICINA DENTÁRIA**

**AVALIAÇÃO DA MICROINFILTRAÇÃO NA INTERFACE  
RESINA COMPOSTA/RESINA COMPOSTA APÓS IRRIGAÇÃO  
ENDODÔNTICA**

Trabalho submetido por  
**Luis Miguel Fernandes Antunes**  
para a obtenção do grau de Mestre em Medicina Dentária

**Outubro de 2020**





**INSTITUTO UNIVERSITÁRIO EGAS MONIZ**

**MESTRADO INTEGRADO EM MEDICINA DENTÁRIA**

**AVALIAÇÃO DA MICROINFILTRAÇÃO NA INTERFACE  
RESINA COMPOSTA/RESINA COMPOSTA APÓS IRRIGAÇÃO  
ENDODÔNTICA**

Trabalho submetido por  
**Luis Miguel Fernandes Antunes**  
para a obtenção do grau de Mestre em Medicina Dentária

Trabalho orientado por  
**Prof<sup>ª</sup>. Doutora Alexandra Pinto**

e coorientado por  
**Prof<sup>ª</sup>. Doutora Inês Caldeira Fernandes**

**Outubro de 2020**



*“Esta insatisfação  
Não consigo compreender  
Sempre esta sensação  
Que estou a perder  
Tenho pressa de sair  
Quero sentir ao chegar  
Vontade de partir  
Pra outro lugar  
Vou continuar a procurar o meu mundo, o meu lugar”*

António Variações



## **Agradecimentos**

À Professora Alexandra Pinto por toda a ajuda, dedicação, disponibilidade e tranquilidade transmitida durante a realização deste projeto.

À Professora Inês Caldeira Fernandes por todo o apoio dedicado a esta tese.

Ao Instituto Universitário Egas Moniz pelas experiências e ensinamentos proporcionados ao longo do meu percurso académico.

Ao Professor Luís Proença pela disponibilidade, atenção e contribuição dada no tratamento e interpretação estatística dos resultados desta investigação.

Ao corpo docente e funcionários do Instituto Universitário Egas Moniz por toda a formação ao longo destes anos.

A toda a minha família por todo o apoio e incentivo transmitido ao longo dos anos.

Aos meus pais pela dedicação, paciência, apoio incondicional, por me incentivarem a ser cada vez melhor e por me demonstrarem que nada é impossível.

À minha avó pelo apoio, ensinamentos, coragem e carinho transmitidos ao longo da vida, que tornaram possível o meu percurso até aqui, sendo esta também uma vitória tua.

Aos irmãos que reuni ao longo deste processo académico pelo companheirismo, amizade por serem únicos e por poder contar convosco, para tudo, hoje e sempre, irei levar-vos para o resto do percurso da minha vida.





## RESUMO

**Objetivo:** Avaliar a existência de microinfiltração na interface resina composta/resina composta, após a utilização de hipoclorito de sódio a 5,25% como irrigante, com a utilização de diferentes protocolos adesivos.

**Materiais e Métodos:** Foram realizadas 16 amostras de resina composta micro-híbrida (3M-ESPE Filtek™ Z250). Que foram distribuídas por quatro grupos de estudo (n=4). As amostras foram submetidas a diferentes protocolos. Grupo A (controle): sem irrigação com NaOCl 5,25% + condicionamento com ácido ortofosfórico 37% + Optibond™ FL; Grupo B: irrigação com solução de NaOCl 5,25% + condicionamento com ácido ortofosfórico 37% + Optibond™ FL; Grupo C: irrigação com solução de NaOCl 5,25% + instrumentação da superfície com broca esférica diamantada + condicionamento com ácido ortofosfórico 37% + Optibond™ FL; Grupo D: Irrigação com solução de NaOCl 5,25% + silicatização com Rocatec™ Soft + silano Ultradent® + Optibond™ FL. Posteriormente efetuou-se uma restauração com resina composta Filtek™ Z250 em cada amostra e estas foram colocadas em água destilada por 24h numa estufa a 37 °C. Foi aplicado verniz em todas as faces das amostras com exceção de uma, na qual se aplicou o verniz com uma margem de 1mm em torno da interface adesiva da restauração. Seguidamente as amostras foram colocadas em fucsina básica 0,5% por 24h numa estufa a 37 °C. Por fim as amostras foram seccionadas transversalmente e a microinfiltração foi avaliada com recurso à lupa estereoscópica, atribuindo-se valores numa escala de *score* 0 a 3. Foi efetuada a análise estatística dos resultados obtidos com recurso aos métodos de análise não-paramétrica (teste Kruskal-Wallis), tendo sido estabelecido um nível de significância de 5%, ( $p > 0,05$ ).

**Resultados:** No grupo A uma das amostras obteve o *score* de 1 sendo que as restantes tiveram um *score* de 0, tendo acontecido o mesmo no grupo D. O grupo B duas amostras obtiveram um *score* de 1 e as restantes 0. O grupo C nenhuma das amostras obteve valor maior que 0 de *score*. A comparação dos *scores* não evidencia a existência de diferenças significativas entre os grupos ( $p = 0,475$ , teste de Kruskal-Wallis).

**Conclusão:** Nem a irrigação com NaOCl, nem os diferentes tratamentos de superfície provocaram microinfiltração nas amostras deste estudo.

**Palavras-chave:** Interface; Microinfiltração; NaOCl; Resina Composta;



## ABSTRACT

**Purpose:** To evaluate the existence of microleakage at the composite resin / composite resin interface, after the use of 5.25% sodium hypochlorite as irrigant, using different adhesive protocols.

**Materials and Methods:** 16 samples of micro-hybrid composite resin (3M-ESPE Filtek™ Z250) were performed. Afterwards, they were distributed into four study groups (n = 4). The samples were submitted to different protocols. Group A (control): without irrigation with NaOCl 5.25% + conditioning with 37% orthophosphoric acid + Optibond™ FL; Group B: irrigation with 5.25% NaOCl solution + conditioning with 37% orthophosphoric acid + Optibond™ FL; Group C: irrigation with 5.25% NaOCl solution + surface instrumentation with spherical diamond drill + conditioning with 37% orthophosphoric acid + Optibond™ FL; Group D: Irrigation with 5.25% NaOCl solution + air abrasion with Rocatec™ Soft + silane Ultradent® + Optibond™ FL. Subsequently, a restoration with Filtek™ Z250 resin was carried out on each sample and these were placed in distilled water for 24 hours in an oven at 37 °C. Varnish was applied to all sides of the samples except for one, to which the varnish was applied with a margin of 1mm around the adhesive interface of the restoration. Then the samples were placed in 0.5% basic fuchsin for 24 hours in an oven at 37 °C. Finally, the samples were cross-sectioned and microleakage was evaluated using a stereoscopic magnifying glass, with values being assigned on a 0 to 3 score scale. The statistical analysis of the results obtained using non-parametric analysis methods was performed (Kruskal-Wallis test), with a 5% significance level established, (p.>0,05).

**Results:** In group A, one of the samples obtained a score of 1, while the rest had a score of 0. The same happened in group D. In group B, two samples obtained a score of 1 and the remaining 0. In group C none of samples had a score greater than 0. The comparison of scores does not show the existence of significant differences between groups (p = 0.475, Kruskal-Wallis test).

**Conclusions:** Neither the irrigation with NaOCl nor the different surface treatments caused microleakage in the samples of this study.

**Key-words** Interface; Microleakage; NaOCl; Composite resin.



# ÍNDICE GERAL

<b>I.</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	13
1.	Resinas Compostas	14
1.1.	História	14
1.2.	Composição	15
1.3.	Reação de Polimerização	17
2.	Sistemas Adesivos	20
2.1.	<i>Etch-and-Rinse</i>	21
2.2.	<i>Self-Etch</i>	22
2.3.	Multimodo	24
3.	Restaurações Pré-Endodônticas	25
4.	Hipoclorito de Sódio como Solução Irrigante	27
5.	Microinfiltração	29
5.1.	Contração de Polimerização	30
5.2.	Forma da Cavidade	30
5.3.	Coeficiente de Expansão Térmica	31
5.4.	Degradação Hidrolítica da Interface Adesiva e Biodegradação da Resina	31
6.	Avaliação da Microinfiltração	33
<b>II.</b>	<b>OBJETIVO</b>	37
<b>III.</b>	<b>HIPÓTESES DE ESTUDO</b>	37
<b>IV.</b>	<b>MATERIAIS E MÉTODOS</b>	39
1.	Listagem dos Materiais	40
2.	Métodos	41
2.1.	Protocolo de Realização das Amostras	41
2.2.	Protocolo de Irrigação	43
2.3.	Protocolo dos Tratamentos de Superfície e Restauração	44
2.4.	Processamento das Amostras	47
2.4.1.	Teste de Microinfiltração	47
<b>V.</b>	<b>RESULTADOS</b>	51
1.	Análise dos Resultados	52
<b>VI.</b>	<b>DISCUSSÃO</b>	53
1.	Comparação dos resultados com a literatura (tratamentos de superfície e influência dos sistemas adesivos na microinfiltração)	54
2.	Comparação dos resultados obtidos com a literatura (influência do NaOCl na microinfiltração e a sua possível interação com resinas compostas e sistemas adesivos)	56
3.	Metodologia utilizada na presente investigação	58
<b>VII.</b>	<b>CONCLUSÃO</b>	61
<b>VIII.</b>	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	63
<b>IX.</b>	<b>ANEXOS</b>	



## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1-</b> Iniciação de uma molécula de metilmetacrilato, (Adaptado de Anusavice <i>et al.</i> , 2013).....	17
<b>Figura 2-</b> Propagação e crescimento da cadeia. (Adaptado de Anusavice <i>et al.</i> , 2013)...	18
<b>Figura 3-</b> Reação de Terminação. (Adaptado de Anusavice <i>et al.</i> , 2013).....	19
<b>Figura 4-</b> Estratégias adesivas. (Adaptado de E. Sofan <i>et al.</i> , 2017).....	20
<b>Figura 5-</b> Chave de silicone.....	41
<b>Figura 6-</b> Chave de silicone com restauração.....	41
<b>Figura 7-</b> Amostras submergidas em solução de NaOCl 5,25%.....	43
<b>Figura 8-</b> Condicionamento com ácido ortofosfórico 37%.....	44
<b>Figura 9-</b> Lavagem com água corrente.....	44
<b>Figura 10-</b> Secagem com jato de ar.....	44
<b>Figura 11-</b> Aplicação do Optibond™ FL .....	44
<b>Figura 12-</b> Instrumentação da face adesiva com broca esférica diamantada 014.....	45
<b>Figura 13-</b> Jateamento com óxido de alumínio Rocatec™ Soft.....	46
<b>Figura 14-</b> Aplicação de silano Ultradent®.....	46
<b>Figura 15-</b> Amostra após aplicação do verniz.....	47
<b>Figura 16-</b> Amostras em fucsina básica 0,5%.....	47
<b>Figura 17-</b> Amostras dos grupos de estudo em fucsina básica 0,5%.....	47
<b>Figura 18-</b> Amostra no suporte de acrílico com cera colante.....	48
<b>Figura 19-</b> Máquina de corte Accutom 50 (Struers, Ballerup, Dinamarca) .....	48
<b>Figura 20-</b> Corte transversal à interface adesiva.....	48
<b>Figura 21-</b> Corte único e transversal da amostra.....	48
<b>Figura 22-</b> Ilustração da microinfiltração através da escala de scores.....	49
<b>Figura 23-</b> Representação da utilização da escala de <i>score</i> . (Adaptado de Stoleriu <i>et al.</i> , 2017).....	50
<b>Figura 24-</b> Aspeto da penetração do corante nas interfaces dos grupos de estudo.....	52





## ÍNDICE DE TABELAS

<b>Tabela 1-</b> Classificação das partículas em relação ao tamanho. (Adaptado de Anusavice, Shen & Rawls, 2013).....	16
<b>Tabela 2-</b> Tratamentos pré-endodônticos. (Adaptado de Nica <i>et al.</i> , 2007).....	26
<b>Tabela 3 -</b> Lista de materiais utilizados.....	40
<b>Tabela 4-</b> Número de amostras distribuídas pelos grupos de estudo.....	41
<b>Tabela 5-</b> Protocolo de Irrigação.....	43
<b>Tabela 6-</b> Frequência dos valores de score das amostras dos grupos de estudo.....	52
<b>Tabela 7-</b> Estatísticas de teste Kruskal-Wallis.....	53



## **LISTA DE ABREVIATURAS**

**10-MDP-** 10 – Metacriloiloxidecil dihidrogenofosfato

**4-MET-** 4-Ácido trimelítico metacriloiloxietil

**Bis-GMA-** Bisfenol-A-glicidil dimetacrilato

**CHX-** Gluconato de clorexidina

**EDTA-** Ácido etilenodiamino tetra-acético

**EGDMA-** Etilenoglicol dimetacrilato

**GPDM-** Glicerol fosfato dimetacrilato

**HEMA-** 2-hidroxietil metacrilato

**MEP** - Di-hidrogenofosfato de metacriloiloxietil

**mm** – Milímetro

**MMA-** Metilmetacrilato

**NaOCl-** Hipoclorito de sódio

**ppm°C-1-** Coeficiente de expansão térmica

**TEGDMA-** Trietilenoglicol dimetacrilato

**UDMA-** Uretano dimetacrilato

**UV** - Ultravioleta

**µm** – Micrómetro



## I. INTRODUÇÃO

O principal objetivo da dentisteria adesiva é a obtenção de adesão entre os tecidos e os materiais restauradores, infelizmente, com o passar do tempo esta adesão perde as suas propriedades devido a fatores físicos e químicos. A consequência deste processo leva à ocorrência de microinfiltrações na interface da restauração bem como a coloração marginal e a perda de retenção (Lukomska-Szymańska, Sokołowski & Lapińska, 2017).

Antes de se iniciar um tratamento endodôntico é importante que se remova todo o tecido cariado, após este procedimento o clínico poderá ficar com um remanescente dentário pequeno, necessitando de recorrer a restaurações pré-endodônticas para contornar este problema, de forma a obter-se um bom isolamento e um bom acesso à cavidade (Nica, Goguta & Ianes, 2007).

No entanto, para que exista sucesso no tratamento endodôntico deverá ocorrer uma completa eliminação dos microorganismos capazes de provocar infecções intraradiculares e extraradiculares, para se atingir este objetivo é necessário que durante a instrumentação se faça uma abundante irrigação recorrendo então a soluções irrigantes, sendo as mais usadas o ácido etilenodiamino tetra-acético (EDTA), gluconato de clorexidina (CHX) e o hipoclorito de sódio (NaOCl) (Prada *et al.*, 2019).

Uma vez que a restauração pré-endodôntica é submetida ao processo de irrigação, ao longo das seções de endodontia, esta pode sofrer alterações físicas e químicas que podem levar ao surgimento de microinfiltração na restauração definitiva.

Deste modo, pretendeu-se investigar se existe a necessidade de remover a restauração pré-endodôntica por completo ou se esta se pode manter no dente aquando da última consulta de endodontia, para a realização da restauração coronária definitiva.

Portanto, o principal objetivo deste trabalho é avaliar a microinfiltração na interface resina composta/resina composta após irrigação endodôntica, utilizando diferentes protocolos adesivos, de forma a poder-se também determinar se existe um protocolo adesivo que previna ou melhore os resultados da microinfiltração, caso esta ocorra.

## **1. Resinas Compostas**

### **1.1. História**

Os compósitos surgiram em 1962, tendo sido desenvolvidos por Bowen, a sua composição era constituída por uma mistura de dimetacrilatos (resina epóxi com ácido metacrílico) e pó de quartzo silanizado (Bowen, 1979; Fernandes *et al.*, 2014; García, Lozano, Vila, Escribano, Galve, 2006;). Devido às propriedades desejáveis das resinas compostas, as amálgamas caíram em desuso (Zimmerli, Strub, Jeger, Stadler, Lussi, 2010).

O uso de resinas compostas para tratamentos restauradores estéticos, tem vindo a aumentar, uma vez que a evolução destes materiais permitiu a possibilidade de efetuar tratamentos cada vez mais conservadores (Fernandes *et al.*, 2014). Outras vantagens destes materiais restauradores são a sua estética, resistência, menor contração de polimerização, melhores propriedades mecânicas, uma ampla gama de aplicações e a sua facilidade de manipulação (García *et al.*, 2006; Hofmann, Hugo & Klaiber, 2002; Talib, 1993;).

Os materiais restauradores, tais como os compósitos, representam um sucesso na investigação de biomateriais, uma vez que restauram a função dos tecidos biológicos bem como a sua estética (Cramer, Stansbury & Bowman, 2011).

Desde que as resinas foram desenvolvidas, as suas características têm vindo a melhorar ao longo dos tempos, o foco principal inicial era diminuir o tamanho das partículas da fase inorgânica, mas aumentar a sua concentração no material restaurador, dando origem a materiais com maior performance no polimento e mais resistentes aos desgastes (Ferracane, 2011; Fernandes *et al.*, 2014).

Neste momento as investigações focam-se em melhorar a matriz polimérica, com o principal objetivo de diminuir a contração de polimerização bem como tornar os compósitos em materiais com propriedades autoadesivas aos tecidos dentários. Estes materiais restauradores são bastante versáteis, portanto, a sua utilização e aplicabilidade continuaram a aumentar, podendo ser usados em restaurações diretas às indiretas, na cimentação de próteses e aparelhos ortodônticos, no forramento de cavidades ou até como selantes de fissuras, entre outras (Ferracane, 2011; Fernandes *et al.*, 2014).

## 1.2. Composição

Os compósitos são formados por três fases distintas, sendo elas a matriz resinosa (fase orgânica), *filler* (fase inorgânica) e agentes de ligação, e cada uma delas confere ao material diferentes propriedades (Cramer *et al.*, 2011).

- a) Fase orgânica(matriz):** Contém monómeros polimerizáveis, estes uma vez expostos à luz visível, formam polímeros com várias ligações *cross-link*, estas reações são catalisadas por um centro ativo, que por norma, são radicais livres que induzem uma reação de polimerização em cadeia (Cramer *et al.*, 2011).

Dado que a resina apresenta uma consistência viscosa são adicionados à sua constituição moléculas de baixa viscosidade (baixo peso molecular) tais como bisfenol-A-glicidil dimetacrilato (Bis-GMA), etilenoglicol dimetacrilato (EGDMA), trietilenoglicol dimetacrilato (TEGDMA), metilmetacrilato (MMA) ou uretano dimetacrilato (UDMA), desta forma o compósito passa a ter uma consistência que permite o seu manuseamento (Culbertson, Wan & Tong, 1997; García *et al.*, 2006; Talib, 1993; Zimmerli *et al.*, 2010). Outros componentes tais como inibidores de polimerização, monometil éter de hidroquinona, catalisadores, amina terciária aromática (componente que se apresenta unicamente em compósitos autopolimerizáveis), N,N-dihidroxietil-p-toluidina (como acelerador de polimerização) e peróxido de benzoilo, presente em compósitos fotopolimerizáveis com função de fotoiniciador da reação de polimerização (Bowen, 1979; Talib, 1993).

Existem outros sistemas de resinas que, para a reação de polimerização ocorrer, utilizam a molécula de uretano dimetacrilato, sendo esta um dimetacrilato com ausência do anel aromático na sua estrutura química. O UDMA apresenta a mesma função que o Bis-GMA, no entanto, este composto tem a vantagem da sua contração de polimerização ser menor (Floyd & Dickens, 2006).

O desenvolvimento de novos compósitos tem-se focado em criar materiais restauradores com capacidade de autoadesividade, através de retenção química aos tecidos dentários, este tipo de compósitos são baseados nos sistemas de metacrilato e contêm na sua formulação agentes tais como glicerol fosfato dimetacrilato (GPDM), que é um monómero ácido (Ferracane, 2011).

**b) Fase inorgânica (*filler*):** Esta fase tem como principal função o reforço da resina. Bem como atribuir propriedades aos compósitos tais como radiopacidade, diminuição dos valores de expansão térmica e da contração de polimerização (Cramer *et al.*, 2011). Outras características importantes conferidas pela adição de *fillers* à composição das resinas são o aumento da rigidez e dureza da resina após a polimerização. Com o aumento da concentração do *filler*, existente na resina, ocorre a diminuição da absorção de água e as forças de tensão, compressão e módulo de elasticidade tendem a aumentar (Kim *et al.* 2002).

Os *fillers* usados nas resinas compostas podem ser quartzo, sílica, cerâmica (Kim *et al.* 2002; Zimmerli *et al.*, 2010), silicato de alumínio e lítio, vidro de borosilicato, incluindo outros tipos de vidros, que podem apresentar na sua constituição óxidos de metais pesados, conferindo aos compósitos a sua característica de radiopacidade (Ferracane, 2011).

**c) Agente de união:** Esta fase é composta por um agente acoplador bipolar, normalmente organo-silano, que é responsável por unir a fase orgânica da resina e a inorgânica. Podendo também ser utilizado um copolímero ou um agente homopolimérico para atingir a mesma finalidade. Para que o compósito seja duradouro e resista às forças ao qual é imposto nas condições orais, é essencial que ocorra uma ligação estável entre as fases orgânicas e inorgânicas. Utilizam-se partículas de vidro, com superfície porosa, para melhorar a adesão entre o *filler* e a matriz, uma vez que os monómeros conseguem infiltrar-se nestas porosidades e melhorar a retenção mecânica destes componentes. Por outro lado, os monómeros presentes na resina também irão reagir com o agente acoplador utilizado formando uma ligação química entre a matriz e o *filler*. Estes agentes acopladores possuem também a função de absorção de forças (García *et al.*, 2006).

A classificação de Lutz & Philips (tabela 1), ainda é utilizada nos dias de hoje, na qual organiza os compósitos segundo o tamanho do *filler* (Zimmerli *et al.*, 2010).

**Tabela 1-** Classificação das partículas em relação ao tamanho. (Adaptado de Anusavice, Shen & Rawls, 2013).

Classe do <i>Filler</i>	Tamanho das Partículas
<i>Macrofillers</i>	10 a 100 $\mu\text{m}$
<i>Small/fine fillers</i>	0,1 a 10 $\mu\text{m}$
<i>Midfillers</i>	1 a 10 $\mu\text{m}$
<i>Minifillers</i>	0,1 a 1 $\mu\text{m}$
<i>Microfillers</i>	0,001 a 0,1 $\mu\text{m}$
<i>Nanofillers</i>	0,005 a 0,1 $\mu\text{m}$

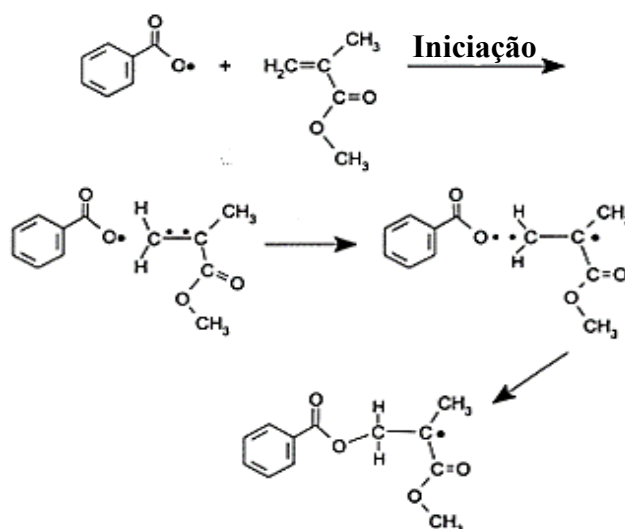


### 1.3. Reação de Polimerização

Aquando da reação de polimerização na resina ocorre a formação de uma densa rede de *cross-link* pelas moléculas de dimetacrilato, iniciada por luz azul do espectro visível e radiação UV. Esta reação química ocorre em três etapas, sendo estas a iniciação, propagação e terminação (Cramer *et al.*, 2011).

- Iniciação

Durante a iniciação, (figura 1), ocorre a ativação de radicais livres, sendo que necessitam de uma forma de energia externa para iniciar a reação tais como o calor, moléculas de amina (nos compósitos autopolimerizáveis) ou radiação eletromagnética (radiação UV, luz azul do espectro visível ou micro-ondas). Estes radicais livres têm a tendência de procurar formar uma ligação com átomos de carbono, que estão presentes na matriz da resina, mais precisamente nos grupos de metacrilato, quando isto ocorre o elétron desemparelhado da ligação anterior irá formar uma nova molécula de radical livre (Ritter, Boushell & Walter, 2019).

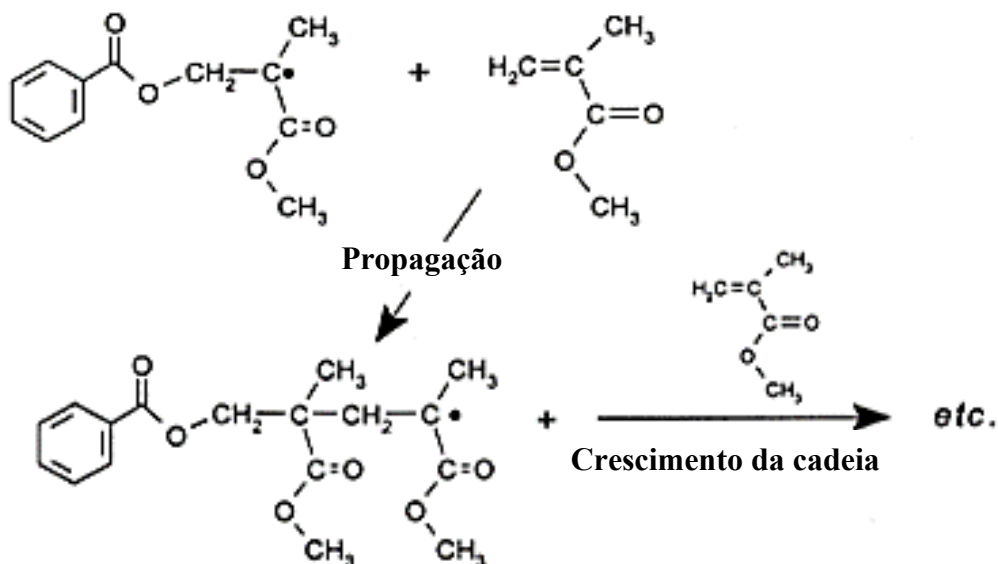


**Figura 1**-Iniciação de uma molécula de metilmetacrilato. (Adaptado de Anusavice *et al.*, 2013).

- Propagação

A molécula de radical livre irá então procurar outra dupla ligação entre carbonos à molécula do monômero adjacente, retirando um elétron dessa dupla ligação e formando uma nova ligação covalente entre as duas moléculas de monômeros. Uma vez que esta nova ligação entre monômeros possui um elétron desemparelhado a tendência é deste

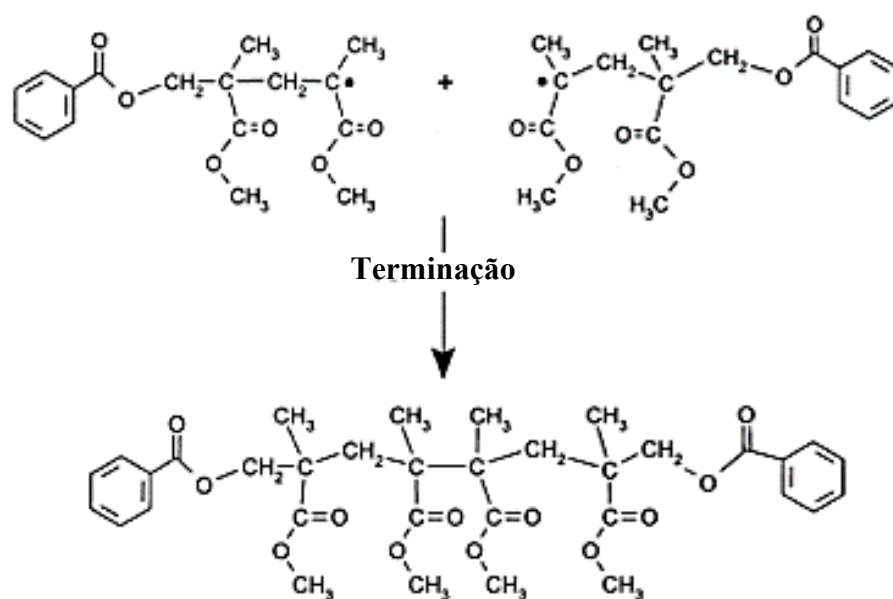
necessitar de mais elétrons, portanto irá reagir com outra dupla ligação de carbonos, para que esta lhe forneça o elétron necessário. Vai ocorrendo então a formação de uma cadeia de polímeros, que vai crescendo á medida das reações, este processo encontra-se ilustrado na figura 2 (Ritter *et al.*, 2019).



**Figura 2**-Propagação e crescimento da cadeia. (Adaptado de Anusavice *et al.*, 2013).

- Terminação

Dado que a cadeia de polímeros vai crescendo, o seu peso molecular também, tornando cada vez mais complicado a sua mobilidade, o facto de a resina mudar a sua consistência também irá afetar a movimentação da cadeia de polímeros. Com o contínuo aumento da cadeia polimérica a sua velocidade de polimerização diminui, devido a crescente inabilidade da cadeia reagir com outros monómeros de metacrilato. Eventualmente a resina atinge o estado sólido, contribuindo para a não ocorrência de ligações lineares em cadeia do polímero. Durante esta fase, aumenta a probabilidade de as extremidades com os radicais livres de duas cadeias poliméricas se encontrem, formando uma ligação. Quando ocorre esta ligação covalente, a cadeia deixa de ter potencial de crescimento, dando-se então a terminação, (Figura 3), (Ritter *et al.*, 2019).



**Figura 3**-Reação de Terminação. (Adaptado de Anusavice *et al.*, 2013).

## 2. Sistemas Adesivos

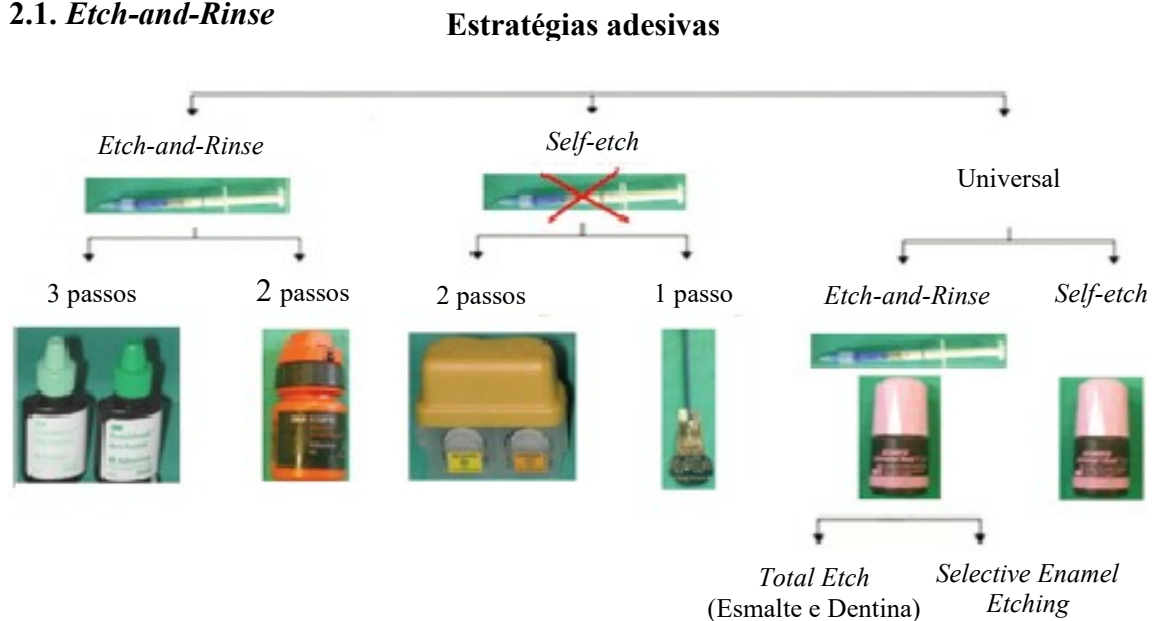
Existem vários aspetos nos ramos da Medicina Dentária Conservadora, mais precisamente na Dentisteria, que têm vindo a ser modificados e ajustados, devido ao desempenho no desenvolvimento e utilização de materiais adesivos (E. Sofan *et al.*, 2017).

Buonocore foi pioneiro na Dentisteria adesiva, tendo descoberto em 1955 as vantagens da aplicação do condicionamento ácido para a adesividade. Até aos dias de hoje, os sistemas adesivos têm vindo a evoluir, desde os primeiros sistemas que se classificavam de *no-etch* até aos *total-etch*, dentro deste, e mais recentemente, surgiram os adesivos *self-etch* (E. Sofan *et al.*, 2017).

Para ocorrer adesão, deverá existir interação entre os substratos, conseguida muitas vezes através dos sistemas adesivos. Estes são soluções que possuem na sua constituição monómeros de resina, com grupos hidrofílicos e hidrofóbicos, promovendo a molhabilidade das superfícies, o que irá permitir a adesão e copolimerização destas com os materiais restauradores (Perdigão, 2007; Van Landuyt *et al.*, 2007).

Na atualidade, existem três estratégias adesivas, representadas na figura 4, que promovem a união aos substratos dentários: *etch-and-rinse*, *self-etch* e *multi-mode*, sendo que este último pode ser aplicado como *etch-and-rinse* ou *self-etch* (E. Sofan *et al.*, 2017).

### 2.1. Etch-and-Rinse



**Figura 4**-Estratégias adesivas. (Adaptado de E. Sofan *et al.*, 2017).

Os primeiros sistemas adesivos *etch-and-rinse* a surgirem foram os de três passos. No primeiro passo é utilizado ácido ortofosfórico nas concentrações 32-37% e pH 0.1-0.4, para o condicionamento das superfícies. Devido às suas propriedades químicas, nomeadamente o seu pH baixo, o ácido não só apresenta a capacidade de condicionar o esmalte e a dentina como também promove a destruição das bactérias residuais (Pashley *et al.*, 2011). No esmalte a desmineralização provocada pelo ácido produz, ao nível da hidroxiapatite, porosidades que servem de pontos de ancoragem para a adesão, enquanto que na dentina o condicionamento provoca a exposição de fibras de colagénio, pois a profundidade de desmineralização atingida é de alguns micrómetros, estas fibras irão ser infiltradas posteriormente por monómeros (Rosa, Piva & Silva, 2015). Após o ataque ácido é aplicado o *primer* e por último o adesivo (Pashley *et al.*, 2011).

Para além da versão de três passos, existe uma versão mais simplificada de dois passos que foi desenvolvida, combinando o *primer* e o adesivo numa solução única (E. Sofan *et al.*, 2017).

Os clínicos durante a sua prática promovem a modificação química das superfícies dentárias, tornando-as quimicamente compatíveis com as resinas compostas, com a finalidade de aderir os substratos (esmalte e dentina) aos materiais restauradores. (Pashley *et al.*, 2011).

No tratamento de superfície com a técnica adesiva *etch-and-rinse*, após o condicionamento ácido, deve-se remover o mesmo lavando abundantemente com água, este procedimento é responsável por eliminar a *smear layer* e os *smear plugs* (E. Sofan *et al.*, 2017).

Devido à força capilar, as macro e micro porosidades formadas no esmalte pelo ácido, levam à penetração dos agentes adesivos. Estas microporosidades irão ser penetradas pela resina fluida ou bond, dando origem às *resin tags*, tornando a adesão ao esmalte predominantemente micromecânica (E. Sofan *et al.*, 2017).

A técnica *etch-and-rinse* é mais sensível quando se trata da adesão à dentina, devido à sua constituição bioquímica esta torna-se mais complicada (Peumans, Kanumilli, De Munck, Van Meerbeek, 2005). A desmineralização ocorre até à profundidade de 3-5 micrómetros, na qual expõe fibras de colagénio que apresentam pouca hidroxiapatite na sua estrutura (E. Sofan *et al.*, 2017).

A resina possui a capacidade de infiltração na dentina condicionada, formando uma nova estrutura composta por uma matriz resinosa e fibrilhas de colagénio, tal foi demonstrado pelo grupo de investigação de Nakabayashi (Pashley *et al.*, 2011).

A aplicação do *primer*, contem monómeros com propriedades hidrofílicas, tais como o 2-hidroxyetil metacrilato (HEMA) dissolvidos em solventes orgânicos, que podem ser etanol, acetona ou água. O HEMA é responsável por melhorar a molhabilidade e permitir a re-expansão da rede de colagénio, enquanto que os solventes têm a função de deslocar a água da superfície da dentina, de modo a preparar o colagénio para a infiltração do adesivo e a resina (Carvalho *et al.*, 2003; E. Sofan *et al.*, 2017).

Aquando da aplicação do adesivo, ocorre a penetração de monómeros hidrofóbicos nos espaços interfibrilares da rede de colagénio e nos túbulos dentinários, sendo seguidamente fotopolimerizado, formando a camada híbrida, que em combinação com os *resin tags* no interior dos túbulos dentinários promovem a retenção micromecânica da resina à superfície dentinária (Van Meerbeek *et al.*, 1993).

Apesar da técnica adesiva *etch-and-rinse* ser o *gold standard* para a adesão, a evolução atualmente pende para sistemas *self-etch* (Rosa *et al.*, 2015).

## **2.2. Self-Etch**

Os adesivos *self-etch* podem ser apresentados em duas versões, dependendo da forma como o *primer* ácido e o adesivo são fornecidos pelos fabricantes, em um ou dois passos (Van Meerbeek *et al.*, 2011).

Estes sistemas adesivos *self-etch* contêm na sua constituição monómeros acídicos funcionais, tais como o 4-ácido trimelítico de metacriloiloxietil (4-MET), di-hidrogenofosfato de metacriloiloxietil (MEP), o 10-metacriloiloxidecil de di-hidrogenofosfato (10-MDP), estas moléculas apresentam grupos de hidrogenofosfato sendo estes responsáveis pela preparação dos tecidos duros, tais como o esmalte e a dentina, para ocorrer ligação química entre estes monómeros funcionais e a hidroxiapatite (Giannini *et al.*, 2015; Watanabe, Nakabayashi & Pashley, 1994).

Uma solução aquosa formulada por monómeros funcionais acídicos, com um pH mais elevado que o ácido ortofosfórico, é o principal constituinte presente nestes sistemas adesivos. A ação destes monómeros de resina acídicos ocorre devido à presença de água, pois esta funciona como um meio para as reações de ionização (Giannini *et al.*, 2015).

Dado que a maioria dos monómeros acídicos possui baixa capacidade de solubilidade em água, monómeros de HEMA são adicionados à composição destes sistemas adesivos, de modo a também melhorar a molhabilidade dos mesmos. Uma vez que se pretende obter ligações robustas, monómeros bi ou multifuncionais podem ser adicionados à constituição destes sistemas, tendo estes a função de fortalecer as ligações *cross-link* da matriz monomérica (Giannini *et al.*, 2015; Van Landuyt *et al.*, 2007).

Os adesivos *self-etch* podem ser classificados segundo o número de etapas clínicas necessárias para a sua aplicação (um ou dois passos), podendo também ser classificado segundo o seu pH (fortes, *mild* ou suaves) (Giannini *et al.*, 2015; Van Meerbeek *et al.*, 2011).

Os sistemas de dois passos incluem a aplicação de *primer* hidrofílico que apresenta monómeros acídicos que irão condicionar os tecidos dentários. Após o jateamento com ar, para a evaporação dos solventes, é aplicado o adesivo com comportamento hidrofóbico, sendo este responsável pelo selamento da dentina (Giannini *et al.*, 2015).

Já nos de um passo, todos os constituintes são fusionados numa única solução contendo os solventes, monómeros hidrofóbicos e hidrofílicos acídicos funcionais e água, desta forma o condicionamento, *priming* e *bonding* são efetuados numa única etapa (Gianini *et al.*, 2015).

Existe uma classificação para estes sistemas adesivos, a qual se baseia nas constantes de dissociação dos ácidos para determinar o quão forte irá ser o processo de condicionamento. Encontram-se formulações muito fortes ( $\text{pH} < 1$ ), fortes ( $\text{pH} \approx 1.5$ ), médias ( $\text{pH} \approx 2$ ) e fracas ( $\text{pH} \geq 2.5$ ) (Gianini *et al.*, 2015; Van Meerbeek, *et al.*, 2010).

Técnicas adesivas *etch-and-rinse*, possuem desvantagens dado que são mais sensíveis à técnica aplicada pelo clínico, pois possuem um maior número de passos podendo levar à possibilidade de ocorrência de erros durante o seu manuseio. Desta forma

os adesivos *self-etch* são um modo facilitado e rápido de efetuar a adesão (Rosa *et al.*, 2015; Perdigão, 2007; Van Merrbeek *et al.*, 2011).

### **2.3. Multimodo**

A tendência, atualmente, tem vindo a ser simplificar o processo da adesão e para atingir tal objetivo reduziu-se os passos clínicos requeridos, o tempo necessário para a sua elaboração e, desta forma, melhorar a standardização (Vinagre & Ramos, 2016).

Uma vez que a seleção do tipo de sistema adesivo, seja pelo seu modo de aplicação ou número de etapas clínicas necessárias, está inerente ao critério dos profissionais, os fabricantes decidiram criar um sistema mais versátil que permitisse ao clínico selecionar a técnica adesiva que deseja segundo cada situação, podendo aplicar técnica *etch-and-rinse* ou *self-etch*, sendo que, a esta família de adesivos deu-se o nome de multimodo. Estes sistemas adesivos têm o mesmo conceito que os *self-etch*, no entanto, têm a versatilidade de se poder utilizar com ambas as técnicas adesivas (*self-etch* ou *etch-and-rinse*), tendo desta forma um conceito *all-in-one* (Rosa *et al.*, 2015; Wagner, Wendler, Petschelt, Belli, Lohbauer, 2014).

Ésteres de fosfato são o monómero funcional principal destes sistemas adesivos, nomeadamente o 10-MDP, esta molécula antipática contém uma longa cadeia de carbonos, apresentando uma boa performance, e tem vindo a ser incorporada na formulação de uma grande variedade de adesivos desta classe (Vinagre & Ramos, 2016).

Estes são sistemas de um passo, os quais podem ser utilizados em esmalte e dentina que tenham sofrido condicionamento prévio ou não (Giannini *et al.*, 2015).



### 3. Restaurações Pré-Endodônticas

Um dos principais objetivos da terapia endodôntica é a limpeza e alteração da forma dos canais dentários, de modo a obter um selamento tridimensional. O primeiro passo no tratamento endodôntico é a remoção de restaurações com infiltração marginal, instabilidade e tecido cariado (Nica *et al.*, 2007; Heydrich, 2005).

O tratamento endodôntico não se inicia pela colocação do dique, mas sim pelos procedimentos restauradores e tratamentos periodontais que facilitem a sua aplicação (Castellucci, 2004).

Uma vez que estes dentes, com indicação para tratamento endodôntico, por norma, apresentam lesões profundas e extensas com grande destruição dos tecidos duros, após a remoção de todo o tecido afetado o clínico poderá ficar com um pequeno remanescente dentário tornando a colocação do dique, para o isolamento absoluto, difícil ou até mesmo impossível (Heydrich, 2005; Nica *et al.*, 2007).

Assim o campo operatório ficará contaminado com saliva e o paciente fica sujeito às substâncias químicas utilizadas nos tratamentos endodônticos (Batista, Kowalczyk & Deonizio 2013).

De acordo com Ahmad, existem médicos dentistas que ainda são reticentes ao uso do isolamento absoluto, uma vez que existe falta de aceitação por parte do paciente, devido ao tempo despendido na sua colocação, custo dos materiais e falta de prática (Silva, Berger, Pelissari, Kröling, Padilha, 2011).

O isolamento absoluto torna-se mandatário, dado que mesmo com um bom tratamento endodôntico, este ficará comprometido caso exista recontaminação do espaço. Portanto, deve-se reconstruir os tecidos duros para a obtenção de um bom isolamento e acesso à cavidade (Nica *et al.*, 2007).

Pode-se então afirmar que um eficiente isolamento, apesar de ser uma etapa preliminar, torna-se necessário para um tratamento de qualidade, sendo que há vários fatores limitantes para a sua aplicação (Silva *et al.*, 2011).

Existem procedimentos pré-endodônticos, (Tabela 2), descritos na literatura, aos quais se pode recorrer para atingir esta finalidade, Castellucci classificou estes

tratamentos tal como se apresentam na seguinte tabela (Castellucci, 2004; Nica *et al.*, 2007).

**Tabela 2-**Tratamentos pré-endodônticos. (Adaptado de Nica *et al.*, 2007).

<b>Tratamentos periodontais</b>	Gengivetomia
	Gengivoplastia
	Genivo-osteo-coronoplastia
	Reposição apical de retalho
<b>Tratamentos restauradores protéticos</b>	Coroa provisória com poste removível
	Coroa temporária em dentes posteriores
<b>Tratamentos conservadores restauradores</b>	Compósitos
	Cimentos inómero de vidro
	Reconstrução da quarta parede
	Bandas ortodônticas
	Reconstrução de núcleo com amálgama retida por pinos
<b>Tratamentos ortodônticos</b>	Extrusão
	Terapia de correção

Os tratamentos podem ser restauradores, protéticos pré-endodônticos, periodontais ou ortodônticos, sendo que o clínico pode realizar um ou uma combinação de forma a preparar o dente para o início do tratamento endodôntico (Heydrich, 2005; Nica *et al.*, 2007).

Outras técnicas incluem a utilização de grampos com fixação profunda, colocação de grampo em dentes adjacentes, quando se pretende isolar vários dentes, colocação do grampo sobre o tecido gengival, cimentação de bandas de cobre, bandas ortodônticas, coroas provisórias, construção de núcleos em cimento de ionómero de vidro ou compósitos, gengivetomia com rebatimento de retalho ou aumento da coroa clínica e procedimentos de reconstrução da coroa (Heydrich, 2005; Silva *et al.*, 2011).

Nos procedimentos endodônticos existem variáveis que podem afetar o resultado final do tratamento e, embora as opiniões sejam divergentes, a maioria dos clínicos concorda que os tratamentos pré-endodônticos excluem variáveis com que se preocupar, antes, durante e depois do tratamento endodôntico (Heydrich, 2005).

O uso de restaurações pré-endodônticas é uma técnica que melhora a performance de um tratamento, dado que previne infiltração marginal, facilita o tratamento pois aumenta a superfície dentária para a correta colocação do grampo e obtenção da sua estabilidade, prevenção da destruição do dente por cárie ou fraturas. Portanto, para um bom resultado deverá existir um correto planejamento com uso de restaurações pré-endodônticas (Heydrich, 2005).

#### 4. Hipoclorito de Sódio como Solução Irrigante

Em 1945, Dakin efetuou alterações à solução de hipoclorito de sódio, usando um teor de 0.5% de cloro, com pH 11, tamponado com ácido bórico a 0.4%, desta forma conseguiu obter uma solução com pH 9, tornando-a mais neutra e com ação desinfetante, a qual se passou a denominar por solução de Dakin (Zehnder, Kosicki, Luder, Sener, Walimo, 2002).

Barret difundiu a utilização da solução de Dakin para a irrigação de canais radiculares, relatando a sua eficácia como anti-séptico (Estrela, 2002).

Irrigação é um elemento chave para o sucesso de um tratamento endodôntico, uma vez que possui funções mecânicas, químicas e microbiológicas imprescindíveis. A irrigação é o único meio de atuar nas áreas das paredes dos canais que não sofrem ação mecânica por parte das limas (Haapasalo, Shen, Wang, Gao, 2014).

O hipoclorito de sódio tem vindo a ser utilizado há bastante tempo, pois é considerado ideal de entre as demais soluções irrigantes, devido às suas desejáveis propriedades (Hargreaves, Cohen & Berman, 2011).

No campo da endodontia o hipoclorito de sódio possui um largo espectro de ação antimicrobiano para microrganismos e biofilmes encontrado no sistema de canais, incluindo microrganismos difíceis de eliminar nomeadamente *Enterococcus*, *Actinomyces* e *Candida* (Hancock, Sigurdsson, Trope, Moiseiwitsch, 2001).

Durante e depois da instrumentação, o hipoclorito de sódio facilita a destruição e remoção de tecido orgânico necrosado e inflamado e detritos da dentina. Possui a capacidade de reduzir a fricção, melhorar o corte e manter a refrigeração dos instrumentos e do dente, possui um pH alcalino e possui baixa tensão superficial (Borin, Becker & Oliveira, 2007; Haapasalo *et al.*, 2014).

Soluções irrigantes, para poderem ser utilizadas, devem estar dentro de padrões quimicamente aceitáveis para que deste modo desempenhem as suas funções adequadamente (Borin *et al.*, 2007).

Existem diferentes concentrações da solução de hipoclorito que podem ser manuseadas, não havendo unanimidade na escolha da mesma por parte dos endodontistas

e clínicos gerais que praticam a endodontia. Características tais como a atividade antimicrobiana e capacidade de solvente dos tecidos são diretamente proporcionais à sua concentração (Borin *et al.*, 2007).

Walker, para a preparação de canais de dentes necrosados, recomendou a utilização do hipoclorito a 5%, pois promove a descontaminação dos instrumentos bem como promove a proteção do paciente e do médico, devido às bactérias presentes no interior do dente (Haapasalo *et al.*, 2014).

Berber estudou a eficácia das concentrações 0.5%, 2.5% e 5.25% das soluções de NaOCl como irrigante de canais, associado a técnicas de instrumentação manual, contra a bactéria *E. faecalis*, e descobriu que a concentração de 5.25% era a mais eficaz, seguida da concentração 2.5% (Mohammadi, 2008).

Segundo a opinião de vários autores, uma solução de NaOCl a 5,25%, é eficaz contra formas vegetativas incluindo os esporos, eliminando também agentes patogênicos contidos e agrupados no biofilme presentes nos túbulos dentinários, inativando as endotoxinas dos microrganismos (Valera *et al.*, 2009)

Baixas concentrações que rondem os valores 0.5% a 1% dissolvem maioritariamente tecido necrótico, concentrações mais elevadas possuem um poder de dissolução de tecido necrótico, mas também de tecido vital, sendo este um efeito secundário indesejável (Zehnder *et al.*, 2002).

Durante a terapia endodôntica, o NaOCl é usado nas concentrações 0.5%-6% (Hargreaves *et al.*, 2011). No entanto a concentração ótima clínica ainda é uma controvérsia (Sim, Knowles, Shelton, Gulabivala, 2001; Zehnder, 2006).

A maioria dos profissionais de Medicina Dentária nos Estados Unidos usa a solução na sua concentração 5.25%, muitos autores recomendam a utilização da mesma concentração, no entanto há outros que têm preferência por concentrações mais baixas de 3% ou 2.5%. desta forma, a concentração da solução de NaOCl continua a ser um tema debatido, não existindo um valor de concentração universalmente aceite (Leonardo, 2005).

## 5. Microinfiltração

A literatura nem sempre chega à concordância à cerca da terminologia infiltração, uma vez que esta apresenta níveis diferentes, existe a infiltração que é clinicamente detetável, e a não detetável clinicamente. Usualmente a este segundo tipo dá-se o nome de microinfiltração (Fabianelli, Pollington, Davidson, Cagidiaco, Goracci, 2007).

Desta forma, a microinfiltração pode ser definida como a passagem clinicamente indetetável de fluídos, bactérias, toxinas, moléculas ou iões na interface entre material restaurador e substrato, (esmalte, dentina, resina). Originando pigmentação marginal das restaurações, sensibilidade pós-operatória, cáries secundárias, insucesso de restaurações e patologia pulpar (Aquino, Sokolonski, Bezerra, Mathias, Araújo, 2016; Fabianelli *et al*, 2007).

Um dos maiores fatores para a ocorrência deste fenómeno é a fraca ligação entre o material restaurador e o substrato, o que leva ao aparecimento de uma fenda (Dalli *et al*, 2013). Portanto, uma das propriedades mais desejadas a nível de um material restaurador é o adequado, completo e duradouro selamento das margens da restauração, pois este irá ter um papel fundamental na sua longevidade (Dalli *et al*, 2013; Fabianelli *et al*, 2007).

Acredita-se que certos sistemas adesivos perdem, ao longo do tempo, a sua capacidade de selamento, levando a microinfiltrações (Ludin & Noren, 1991).

Deste modo, tem existido ao longo dos anos uma investigação constante para a obtenção de uma adesão eficaz entre os materiais restauradores e os tecidos dentários, ou seja, uma adesão ótima seria capaz de prevenir a formação de fendas marginais que por sua vez dão origem à microinfiltração (Aquino *et al*, 2016; Fabianelli *et al*, 2007).

No entanto, a integridade marginal conseguida entre o material restaurador e o dente, ainda apresenta as suas limitações, tais como a degradação hidrolítica, nanoinfiltrações, permeabilidade da adesão. Outros fatores que influenciam a integridade marginal são os materiais, técnicas e procedimentos clínicos utilizados tais como o tipo de sistema adesivo, a localização das margens da restauração, a resistência do material, alterações dimensionais provocadas pela contração de polimerização, coeficiente de

expansão térmica, absorção de água, stress mecânico e alterações dimensionais na estrutura dentária (Aquino *et al.*, 2016; Fabianelli *et al.*, 2007).

### **5.1. Contração de Polimerização**

Aquando da polimerização das resinas compostas ocorre a conversão de monómeros em polímeros, num processo em que se formam ligações covalentes. Desta forma, o compósito diminui o seu volume, processo pelo qual é denominado por contração de polimerização (Anusavice *et al.*, 2013).

A contração de polimerização de um dado compósito cria tensões a nível das interfaces, que leva à degradação das forças adesivas entre o material restaurador e as paredes da cavidade, dando origem a fendas marginais e subsequentemente à microinfiltração (Dietrich, A. Lösche, G. Lösche, Roulet, 1999). Os compósitos sofrem uma contração em volume entre 2.6% a 4.8% (Fabianelli *et al.*, 2007).

Com o objetivo de contornar as propriedades mecânicas negativas das resinas, mais precisamente as tensões provenientes da contração de polimerização, os fabricantes passaram a adicionar partículas de carga inorgânica com tamanho nanométrico na composição dos seus adesivos, criando, desta forma, um gradiente de elasticidade na interface adesiva, elevando a resistência à tensão e compressão, aumentando o módulo de elasticidade e reduzindo a absorção de água. Desta forma, o adesivo passou a ter a propriedade de amenizar então a transição entre as superfícies dos substratos, que por consequente levará à minimização de formação de defeitos na interface prevenindo a microinfiltração (Aquino *et al.*, 2016).

Quanto maior for a quantidade de carga inorgânica, menor será a contração de polimerização de um dado material resinoso, no entanto, a presença de moléculas inorgânicas altera o módulo de elasticidade do material afetando a sua capacidade de escoamento, promovendo um aumento de tensões que por sua vez incrementa a rigidez do compósito (Calheiros, Sadek, Braga, Cardoso, 2004).

### **5.2. Forma da Cavidade**

O fator de configuração (fator C) é definido como o quociente entre as superfícies aderidas e não aderidas de uma dada preparação, resultando num valor maior para cavidades mais profundas e valores menores em cavidades mais superficiais (Nikolaenko

*et al.*, 2004). Este encontra-se intimamente ligado à ocorrência de microinfiltração (Fabianelli *et al.*, 2007; Pazinato, Campos, Costa, Atta, 2003).

Feilzer afirmou que a configuração geométrica da cavidade apresenta um papel importante na adaptação marginal das restaurações a compósito (Feilzer, De Gee & Davidson, 1987). Desde então têm surgido várias técnicas de restauração que sugerem uma melhoria na adaptação do material restaurador às margens da cavidade, e uma diminuição dos efeitos da contração de polimerização (Nikolaenko *et al.*, 2004).

### 5.3. Coeficiente de Expansão Térmica

Coeficiente de expansão térmica é a alteração do comprimento, por unidade de comprimento de um material, quando a temperatura varia em um grau centígrado (Anusavice *et al.*, 2013).

Esta propriedade física afeta negativamente a integridade marginal das restaurações, dado que o coeficiente de expansão térmica dos compósitos pode variar entre os 25 e 60 ppm°C-1, apresentando um valor superior ao do esmalte 11,4 ppm°C-1 e da dentina 8 ppm°C-1, ou seja, quando submetidos à mesma temperatura o compósito irá sofrer maior expansão, logo ao nível das interfaces adesivas irá ocorrer uma desadaptação contribuindo para a formação de microinfiltrações (Fabianelli *et al.*, 2007).

### 5.4. Degradação Hidrolítica da Interface Adesiva e Biodegradação da Resina

As primeiras gerações de sistemas adesivos apresentavam características maioritariamente hidrofóbicas, ou seja, necessitavam de substratos secos para que ocorresse a adesão. A formulação destes adesivos não apresentava monómeros funcionais ácidos, logo eram desprovidos da capacidade de penetrar na *smearlayer* para se ligarem à dentina mineralizada, como consequência as forças de adesão eram muito fracas (Reis, Carrilho, Breschi, Loguercio, 2013).

Apesar da incorporação de monómeros ácidos e componentes hidrofílicos nos sistemas adesivos ter melhorado substancialmente as forças de adesão, problemas relacionados com estas novas formulações têm sido reportados (Reis *et al.*, 2013).

A estabilidade da camada híbrida depende da capacidade de resistência dos seus componentes a fenómenos de degradação, estes mecanismos de degradação ainda não são

totalmente compreendidos. No entanto, acredita-se que a primeira etapa da biodegradação envolve a remoção da resina que se tinha infiltrado na matriz e o ataque enzimático das fibras de colagénio expostas (Breschi *et al.*, 2008; Reis *et al.*, 2013; Sano, 2016).

A maioria dos monómeros utilizados nas resinas compostas são formados por carbono, oxigénio ou nitrogénio, sendo que estes formam polímeros que possuem na sua constituição grupos suscetíveis a hidrólise tais como o uretano, hidroxilo, carboxilo e grupos fosfato. Dependendo da densidade da rede de polímeros, do seu potencial de formar ligações com o hidrogénio e das suas interações polares, estudos têm demonstrado que os adesivos têm capacidade de absorção de água, ou seja, esta característica depende da sua propriedade hidrofílica. A retenção de solvente durante o processo de polimerização também compromete a integridade adesiva da interface, uma vez que impede as reações de polimerização e consequentemente afeta as forças de tensão do adesivo permitindo a permeabilidade do mesmo (Ferracane, 2006; Reis *et al.*, 2013; Malacarne *et al.*, 2006).

Desta forma, estes adesivos tornam-se numa membrana com propriedades semipermeáveis e a sua capacidade para atrair e captar água está dependente da sua formulação, ou seja, se possui monómeros hidrofílicos na sua constituição (Breschi *et al.*, 2008).

A entrada de água no compósito irá provocar reações de hidrólise, que irão resultar na degradação química da rede de polímeros, provocando a destruição das cadeias poliméricas originando microinfiltração (Oliveira, Diniz, Svizero, D'Alpino, Pegoraro, 2010).

Portanto, a capacidade hidrofílica do adesivo e do compósito, a presença de solvente ou água que levam á incompleta reação de polimerização são fatores que elevam a biodegradação da resina (Reis *et al.*, 2013).



## 6. Avaliação da Microinfiltração

Testes de microinfiltração têm sido utilizados para determinar o desempenho dos materiais restauradores, estes têm sido desenvolvidos e colocados em prática ao longo do tempo (Gonzalez, Kasin & Aziz, 1997).

Existem uma variedade de técnicas atualmente que permitem avaliar a microinfiltração, as mais modernas utilizam princípios e métodos diferentes sendo eles biológicos, químicos, elétricos, físicos ou componentes radioativos. Estes incluem o uso de corantes, isótopos radioativos, bactérias, análise ativa de neutrões, análise com microscópio eletrônico de varrimento. Os estudos recorrendo a penetração de corantes são os mais antigos e comumente utilizados, uma vez que são de baixo custo, e detetam a microinfiltração *in vitro* sem a necessidade de uma reação química ou radiação (Fabianelli *et al.*, 2007; Nunes, Franco & Pereira, 2005).

A metodologia para testar microinfiltração usa o princípio da penetração, na qual as amostras são submergidas em soluções por um período, seguidamente são lavadas, seccionadas e examinadas sob magnificação, na qual se utilizam critérios para determinar a extensão da microinfiltração. Desta forma são obtidas secções da amostra para análise da penetração do corante, sem a necessidade de se recorrer a radiação ou reações químicas adicionais e uma vez que os corantes possuem características inertes, irão permitir a preservação da interface adesiva. No entanto, este método tem sido criticado por ser qualitativo ou semiquantitativo e subjetivo, dado que a classificação da infiltração é feita visualmente e com recurso a microscopia, dependendo de um operador (Gonzalez *et al.*, 1997; Peumans *et al.*, 2005; Silva, Messer, Douglas, Weinberg, 1985; Taylor & Lynch, 1992).

Fucsina básica, nas percentagens compreendidas entre 0,5%-2%, é um dos corantes mais utilizados (Gonzalez *et al.*, 1997). Corantes tais como eosina, azul metileno, metilo violeta, violeta cristal e corantes fluorescentes, são alguns dos que existem e foram usados incontáveis vezes por investigadores (Going, 1972, Gonzalez *et al.*, 1997).

Estudos que avaliam a microinfiltração são temas de investigação comuns, mas muitas vezes não serão comparáveis pois são utilizados procedimentos de investigação diferentes. No entanto, considera-se que estes testes são um parâmetro confiável para a

extrapolação dos seus resultados de forma a prever a performance *in vivo* (Fabianelli *et al.*, 2007; Söderholm, 1991).

Apesar da utilização de métodos qualitativos, alguns autores realizaram a sua investigação e recomendam a utilização de *software* específico para a análise e deteção da microinfiltração, com o uso de imagens digitais podendo-se medir a penetração do corante em milímetros, micrómetros ou em percentagem (Pinelli, Alvarenga, Loffredo, 2015).

Existe a possibilidade de recorrer a metodologia quantitativa, para avaliar o padrão de penetração do corante, na qual se indica as zonas em que a mesma ocorreu, a partir de imagens obtidas dos espécimes, e recorrendo a um *software* de análise de imagem (Fabianelli *et al.*, 2007).

Fayyad e Shortall recorreram à análise de imagens retiradas digitalmente por um estereomicroscópio, para detetar a profundidade de penetração do corante ao longo da interface adesiva (Fayyad & Shortall, 1987).

No entanto, quando a análise é feita de forma quantitativa digitalmente, também possui características empíricas e subjetivas, dado que o *software* utilizado para medir a penetração do corante nas amostras necessita de um avaliador que indique a extensão da infiltração. Parte-se então do princípio de que o investigador ao observar as imagens das amostras digitais ampliadas num ecrã de computador, irá ter limitações visuais ao tentar indicar as zonas afetadas pelo corante, uma vez que existe algum grau de distorção associado a esta técnica (Pazinatto *et al.*, 2003).

Contudo, mantém-se a questão do quão confiável é o método de avaliação da microinfiltração. Um dos conceitos base é a reprodutibilidade, sendo esta definida como a obtenção de resultados consistentes quando se mede ou examina algo repetidamente sobre condições idênticas, ou seja, um teste ou medição é reprodutível ou confiável se os seus resultados forem idênticos ou similares cada vez que se conduz um estudo (Pinelli *et al.*, 2015).

Para se poder atribuir pontuações, com a finalidade de avaliar a microinfiltração, é importante mencionar a subjetividade inerente a este processo de classificação, e o facto de existir falta de standardização, pode levar a variáveis entre os examinadores. Admite-

se também que pode existir discrepância entre a classificação ou medições feitas pelo mesmo examinador em duas ocasiões distintas (acordo intraexaminador) ou por dois examinadores distintos (acordo interexaminador), é necessário estar ciente das limitações da interpretação dos resultados da microinfiltração, qualquer que seja o método escolhido para avaliação (Pinelli *et al.*, 2015).

Desta forma, é de extrema relevância analisar o nível de reprodutibilidade intra e interexaminador, do método escolhido para avaliação da microinfiltração, para que o estudo possa ser considerado confiável. Numa investigação conduzida por Pinelli e a sua equipa, na qual se pretendeu determinar o quão confiável é a avaliação da microinfiltração marginal por métodos visuais (com estereomicroscópio) e digitais (*Image Tool software*), concluíram que, no método visual, o valor de concordância intraexaminador foi quase perfeito ( $\kappa=0.87$ ) para o examinador A, e substancial ( $\kappa=0.76$ ) para o examinador B. Os respetivos intervalos de confiança demonstraram que não existem diferenças significativas entre os examinadores A e B bem como um resultado quase perfeito para a concordância interexaminador ( $\kappa=0.84$ ). Em relação ao método digital, ocorreu concordância intraexaminador ( $p=0.99$ ), e o mesmo valor foi obtido para a concordância interexaminador ( $p=0.99$ ), mostrando uma reprodutibilidade quase perfeita para o método de avaliação digital (Pinelli *et al.*, 2015).

Nos estudos realizados por Cavalcanti, Shafiei, Stolerium e as suas respetivas equipas, no qual elaboraram investigações sobre a microinfiltração, após o corte transversal das amostras e a observação dos resultados sobe magnificação, a metodologia utilizada, para poder quantificar a microinfiltração, foi através da atribuição das seguintes pontuações: (0)- ausência de penetração do corante, (1)-corante penetrou até  $\frac{1}{2}$  da interface, (2)-corante ultrapassou  $\frac{1}{2}$  da interface mas sem envolvimento total e (3)- total afeção da interface pelo corante. Recorrendo posteriormente à análise estatística não-paramétrica com o teste Kruskal-Wallis, com um nível de significância a 5%, ( $p>0.05$ ) (Cavalcanti, Lavigne, Fontes, Mathias, 2004; Shafiei, Berahman, Niazi, 2016; Stoleriu, Andrian, Pancu, Nica Iovan, 2017).



## **II. OBJETIVO**

O presente estudo pretendeu avaliar a existência de microinfiltração na interface resina composta-resina composta, após a utilização de hipoclorito de sódio a 5,25% como irrigante, efetuando diferentes protocolos adesivos.

## **III. HIPÓTESES DE ESTUDO**

As hipóteses de estudo desta investigação são as seguintes:

Hipótese Nula<sub>1</sub>- Não existem diferenças estatisticamente significativas na microinfiltração na interface resina-resina após irrigação endodôntica com hipoclorito de sódio;

Hipótese Alternativa<sub>1</sub>- Existem diferenças estatisticamente significativas de microinfiltração na interface resina-resina após irrigação endodôntica com hipoclorito de sódio;

Hipótese Nula<sub>2</sub>- Não existem diferenças estatisticamente significativas na microinfiltração na interface resina-resina após irrigação endodôntica com hipoclorito de sódio, entre diferentes protocolos adesivos;

Hipótese Alternativa<sub>2</sub>- Existem diferenças estatisticamente significativas na microinfiltração na interface resina-resina após irrigação endodôntica com hipoclorito de sódio, entre diferentes protocolos adesivos;



#### **IV. MATERIAIS E MÉTODOS**

A presente investigação foi efetuada com recurso às instalações da clínica universitária bem como ao laboratório de biomateriais do Instituto Universitário Egas Moniz.

Tendo em conta as hipóteses em estudo, confeccionaram-se 16 blocos de resina composta, que foram aleatoriamente distribuídos por 4 grupos (n=4). Grupos A, (controlo), sem irrigação endodôntica e as amostras dos grupos B, C e D que foram submetidos à irrigação com solução de hipoclorito de sódio (NaOCl) a 5,25%.

Após a realização dos protocolos adesivos, foram realizadas as restaurações, e recorreu-se a solução de fucsina básica a 0,5% e a um estereomicroscópio, após o corte das amostras, para a avaliação da microinfiltração com recurso a uma tabela de *scores* (0-3).

Para a excussão da componente laboratorial da presente investigação, foram utilizados diferentes materiais descritos na tabela 3.

## 1. Listagem dos Materiais

**Tabela 3**-Lista de materiais utilizados.

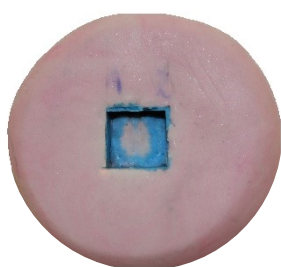
Nome	Material	Composição	Fabricante	Lote (S/A)
Material Restaurador	Resina Composta <i>Filtek™ Z250</i>	Bis-GMA, UDMA, TEGDMA, Bis-EMA, 60% zircônio/silica	3M-ESPE, Dental Products, St Paul, Minnesota, EUA	NA87531
Sistema Adesivo	Optibond™ FL	Primer: <i>pH</i> =0,9 HEMA, GPDM, MMEP, água, álcool, conforoquinona (CQ), BHT	Keer Italia, S.r.l. Via Passanti, Scafati (SA), Italy	6936224
		Adesivo: Bis-GMA, HEMA, GDMA, CQ, ODMAB, 48 % partículas de carga inorgânica, ácido silícico pirogênico, aluminoborosilicato, fluorossilicato de sódio		6921581
Silicatização	<i>Rocatec™ Soft</i>	Óxido de alumínio de alta pureza de 30 µm, modificado com sílica (SiO <sub>2</sub> )	3M-ESPE Deutschland Dental Products, Carl-Schurz-Str. 1, Germany	3947010
Silano	<i>Ultradent® Silane</i>	Alcool Isopropílico (>50-≤100%), Silano (>2.5-≤10%)	Ultradent Products Inc. 505 W. Ultradent Drive (10200 S) South Jordan, UT, USA	_____
Agente Condicionante	<i>Octacid®</i>	Ácido ortofosfórico 37%	Laboratorios Clarben, SA	_____
Reagente	Hipoclorito de sódio (NaOCl)	Solução de NaOCl a 5,25%	_____	_____
Corante	Fucsina Básica	Fucsina Básica 0,5%	_____	_____
Fotopolimerizador	<i>Optilux® 501</i>	_____	Kerr, Midleton, WI, EUA	_____
Isolante	Verniz de unhas incolor Sensinity	_____	World of fantasy trading S.L Madrid, Espanha	_____
Estufa de Incubação	<i>Memmert® INE 400</i>	_____	Memmert, Alemanha	_____
Lupa	Lupa Estereoscópica <i>Leica MZ6</i>	_____	Leica Microsystems GmbH, Wetzlar, Alemanha	_____
Micrótomo de tecidos duros	<i>Accutom 50</i>	_____	Struers, Ballerup, Dinamarca	_____
Silicone	Silicone de condensação <i>Zetalabor®</i> (base+ ativador)	_____	Zhermack SpA., Dentsply Sirona	_____
Radiômetro	<i>Optilux® Radiometer</i>	_____	SDS Kerr, Orange, EUA	_____
Broca	Broca esférica diamantada 014 (granulometria média)	_____	Edenta, Hauptstrass, Suíça	_____
Turbina	<i>NSK® Pana-Max</i>	_____	NSK Ltd., Shinagawa, Tóquio, Japão	_____



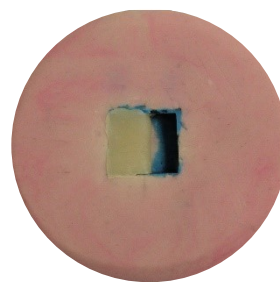
## 2. Métodos

### 2.1. Protocolo de Realização das Amostras

Realizaram-se 16 blocos de resina composta micro-híbrida Filtek™ Z250 (3M ESPE) utilizando uma chave de silicone (Figura 5) que possuía as dimensões internas de 10x10x4mm, para a padronização do estudo. Foi colocado um espaçador feito em acrílico de modo a obter-se amostras com metade do comprimento, ou seja, 5x10x4mm. Inicialmente preencheu-se o molde com a resina, (Figura 6), em incrementos de 2mm de espessura através de marcas guia feitas na chave de silicone. Realizou-se a fotopolimerização de cada incremento de 2mm durante 20 segundos, utilizando o fotopolimerizador Optilux 501 (Kerr, Midleton, WI, EUA), sendo este calibrado ao fim de cada 10 utilizações, recorrendo a um radiômetro Optilux Radiometer (SDS Kerr, Orange, EUA).



**Figura 6**-Chave de silicone.



**Figura 6**-Chave de silicone com restauração.

Ao realizar a última camada de resina recorreu-se a uma folha de acetato de modo a retirar o excesso de resina e a obter-se uma camada lisa e uniforme, fotopolimerizou-se por 20 segundos.

De seguida as amostras foram aleatoriamente distribuídas por 4 grupos de estudo em quantidades iguais, tal como demonstra a Tabela 4.

**Tabela 4**-Número de amostras distribuídas pelos grupos de estudo.

Grupo	Sem Irrigação	Com Irrigação
<b>A</b>	4	-
<b>B</b>	-	4
<b>C</b>	-	4
<b>D</b>	-	4

**Grupo A(controle)-** Sem irrigação com NaOCl, e o protocolo adesivo utilizado foi condicionamento com ácido ortofosfórico 37% + Optibond™ FL;

**Grupo B-** Irrigação com solução de NaOCl 5,25% + Condicionamento com ácido ortofosfórico 37% + Optibond™ FL;

**Grupo C-** Irrigação com solução de NaOCl 5,25% + Instrumentação da superfície com broca esférica diamantada + Condicionamento com ácido ortofosfórico 37% + Optibond™ FL;

**Grupo D-** Irrigação com solução de NaOCl 5,25% + Silicatização da superfície com Rocatec™ Soft + Silano Ultradent® + Optibond™ FL;

## 2.2. Protocolo de Irrigação

Após a distribuição das amostras pelos seus respectivos grupos de estudo, as amostras dos grupos B/C e D foram colocadas num frasco (Figura 7) e submersas em solução de NaOCl a 5,25%, (Mohammadi, 2008), de forma a mimetizar a irrigação endodôntica.. Sendo que o seu protocolo se encontra representado na tabela 5.



**Figura 7**-Amostras submergidas em solução de NaOCl 5,25%.

**Tabela 5**-Protocolo de Irrigação.

---

### Protocolo de Irrigação

---

1. Colocar as amostras num frasco e adicionar a solução de NaOCl a 5,25% até cobrir as amostras por completo.
  2. Irrigar por 60 minutos, substituindo a solução de 2 em 2 minutos, de modo a simular a instrumentação.
  3. Agitação ultrassónica do NaOCl durante 30 segundos.
  4. Lavar com água corrente e secar com jato de ar.
-

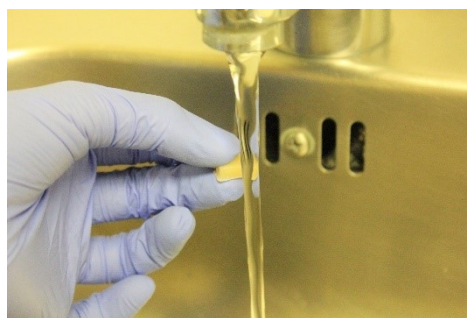
### 2.3. Protocolo dos Tratamentos de Superfície e Restauração

Findado o protocolo de irrigação dos grupos B, C e D, efetuaram-se os tratamentos de superfície das amostras, segundo o seu grupo de estudo.

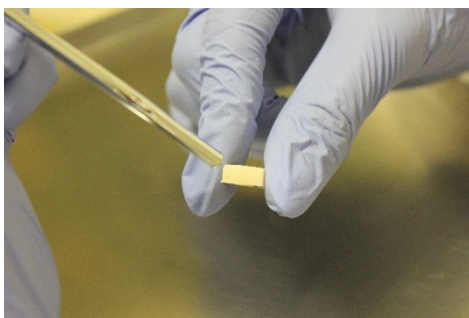
**Grupo A:** Condicionaram-se as superfícies adesivas das amostras com ácido ortofosfórico a 37% durante 15 segundos, (Figura 8), seguidamente estas foram lavadas com água (Figura 9) por 15 segundos e secadas com jato de ar por 5 segundos (Figura 10). Aplicou-se o sistema adesivo Optibond™ FL: usando o *microbrush* colocou-se o *primer* sobre a superfície durante 15 segundos, (Figura 11), secou-se por 5 segundos, de seguida colocou-se o *bond* com o *microbrush* durante 15 segundos, secou-se durante 3 segundos e de seguida fotopolimerizou-se durante 10 segundos.



**Figura 8-** Condicionamento com ácido ortofosfórico 37%.



**Figura 9-** Lavagem com água corrente.



**Figura 10-** Secagem com jato de ar.



**Figura 11-** Aplicação do Optibond™ FL.

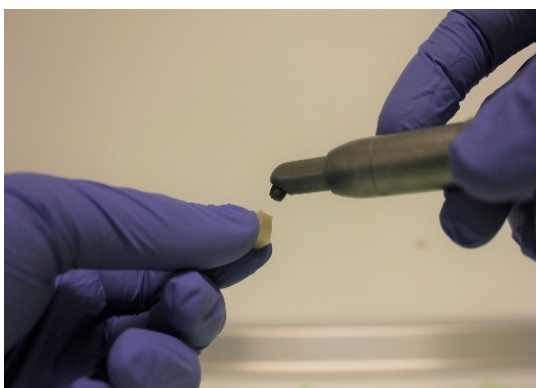
**Grupo B:** Condicionaram-se as superfícies adesivas das amostras com ácido ortofosfórico a 37% durante 15 segundos, seguidamente estas foram lavadas com água por 15 segundos e secadas com jato de ar por 5 segundos. Aplicou-se o sistema adesivo Optibond™ FL, usando o *microbrush* colocou-se o *primer* sobre a superfície durante 15 segundos, secou-se por 5 segundos, de seguida colocou-se o *bond* com o *microbrush* durante 15 segundos, secou-se durante 3 segundos e de seguida fotopolimerizou-se durante 10 segundos.

**Grupo C:** A superfície adesiva das amostras foi pintada com recurso a caneta de acetato e seguidamente, foi instrumentada com recurso a broca esférica diamantada (ISSO 014 de granulometria média) por 5 segundos, numa turbina NSK Pana-Max (NSK, Shinagawa, Tóquio, Japão) (Figura 12). De seguida a superfície foi condicionada com ácido ortofosfórico a 37% durante 15 segundos. Seguidamente foi lavada com água por 15 segundos e secada com jato de ar por 5 segundos. Aplicou-se o sistema adesivo Optibond™ FL, usando o *microbrush* colocou-se o *primer* sobre a superfície durante 15 segundos, secou-se por 5 segundos, de seguida colocou-se o *bond* com o *microbrush* durante 15 segundos, secou-se durante 3 segundos e de seguida fotopolimerizou-se durante 10 segundos.

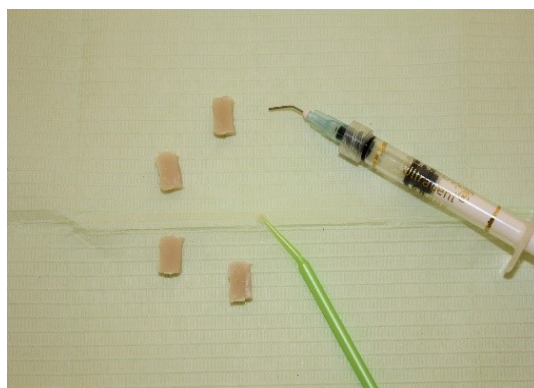


**Figura 12-**Instrumentação da face adesiva com broca esférica diamantada 014.

**Grupo D:** Realizou-se a silicatização da superfície adesiva das amostras com recurso a jato de óxido de alumínio Rocatec™ Soft (3M-ESPE), a uma distância de 1cm e pressão 0,42 Mpa, durante 15 segundos, (Figura 13). Silanizou-se a superfície com recurso ao silano Ultradent® Silane (Figura 14), colocando-o na superfície com recurso a um *microbrush* e deixou-se secar por 60 segundos. Aplicou-se o sistema adesivo Optibond™ FL; usando o *microbrush* colocou-se o *primer* sobre a superfície durante 15 segundos, secou-se por 5 segundos, de seguida colocou-se o *bond* com o *microbrush* durante 15 segundos, secou-se durante 3 segundos e de seguida fotopolimerizou-se durante 10 segundos.



**Figura 13**-Jateamento com óxido de alumínio Rocatec™ Soft.



**Figura 14**-Aplicação de silano Ultradent®.

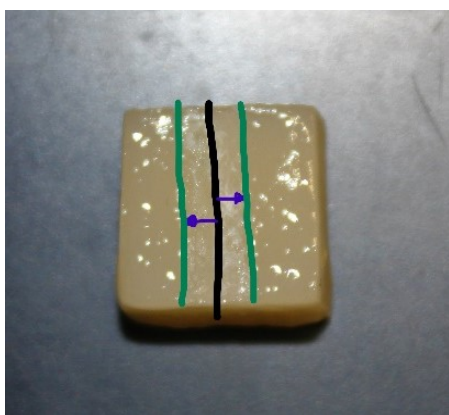
Após todas as amostras terem sido submetidas ao seu respetivo protocolo de adesão, foram novamente colocadas no molde, sem o espaçador de acrílico, e realizaram-se as restaurações com recurso a resina composta Filtek™ Z250 (3M-ESPE), em incrementos de 2mm, guiadas por marcas feitas no interior do molde de silicone. Cada incremento foi fotopolimerizado durante 20 segundos, sendo que no último incremento foi utilizada uma folha de acetato, a fim de remover o excesso de resina e para se obter uma camada uniforme.

Depois de preparadas, todas as amostras foram armazenadas em água destilada, em recipientes fechados, e colocados numa estufa Memmert INE 400 (Memmert, Alemanha) a 37°C por 24 horas. (Attar Korkmaz, Ozel, Bicer, Firatli, 2008).

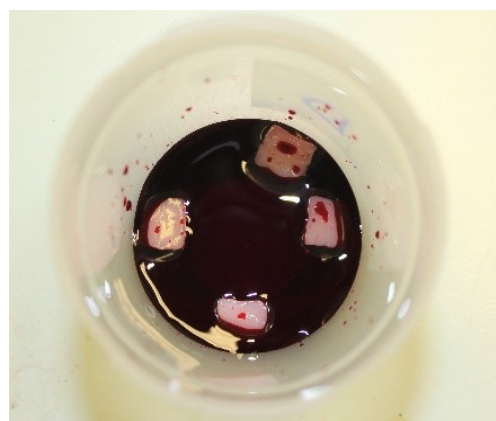
## 2.4. Processamento das Amostras

### 2.4.1. Teste de Microinfiltração

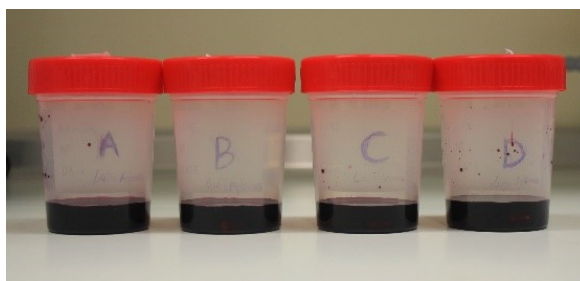
Terminado o tempo das amostras na estufa, estas foram seladas cuidadosamente com 2 camadas de verniz incolor, (Quitero, Lopes & Matos 2012), em todas as faces, à exceção da união adesiva de uma das faces, com uma margem de 1mm (Figura 15). Aguardou-se a secagem do verniz por 40 minutos. De seguida as amostras foram colocadas em fucsina básica 0,5%, (Figura 16; Figura 17), e encubadas na estufa por 24 horas a uma temperatura de 37°C (Haller, Hofmann, Klaiber, Bloching, 1993). Ao fim do tempo de incubação as amostras foram lavadas com água destilada e secadas com jato de ar.



**Figura 15**-Amostra após aplicação do verniz. A preto encontra-se a interface adesiva; A verde encontra-se representado o limite do verniz; Azul encontra-se representado a margem de 1 mm.



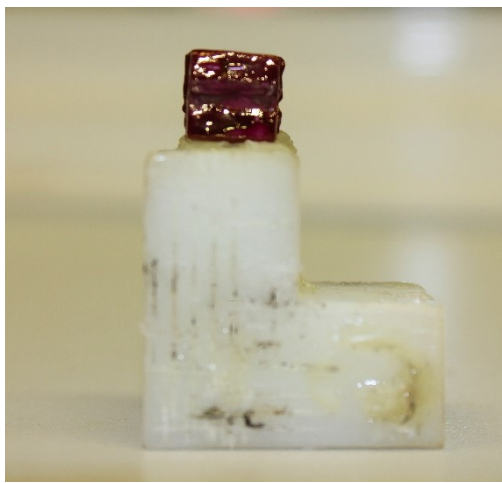
**Figura 16**-Amostras em fucsina básica 0,5%.



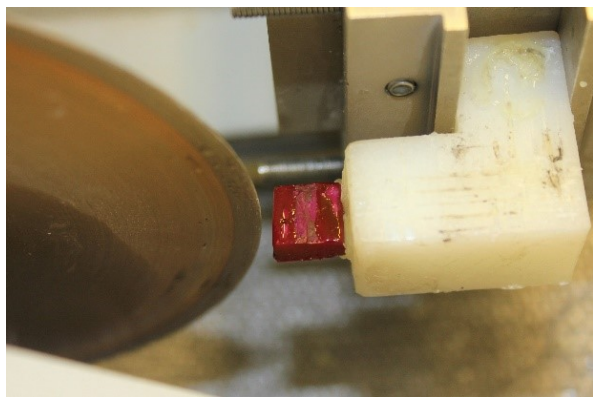
**Figura 17**--Amostras dos grupos de estudo em fucsina básica 0,5%.



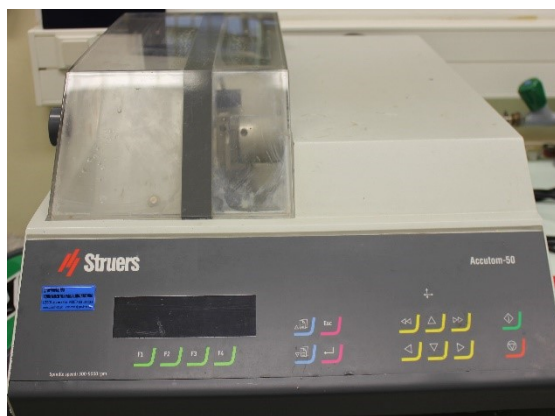
Aderiram-se as amostras, com recurso a cera colante, ao suporte de acrílico da máquina de corte, (Figura 18) e foi efetuado o corte das amostras transversalmente à interface adesiva, (Figura 19), (Shafiei *et al.*, 2016), usando o micrótomo de tecidos duros de baixa velocidade, com refrigeração Accutom 50 (Struers, Ballerup, Dinamarca), (Figura 20), com um disco diamantado de dupla face. Cada amostra foi cortada uma vez, (Figura 21) obtendo-se então uma superfície de estudo por cada amostra (Celiberti & Lussi, 2005). A avaliação da microinfiltração foi feita imediatamente após o seccionamento dos espécimes.



**Figura 18-**Amostra no suporte de acrílico com cera colante.



**Figura 19-** Corte transversal à interface adesiva.



**Figura 20-**Máquina de corte Accutom 50 (Struers, Ballerup, Dinamarca).



**Figura 21-** Corte único e transversal da amostra.



Fotografou-se a extensão da microinfiltração na interface resina composta-resina composta com recurso a uma lupa estereoscópica Leica MZ6 (Leica Microsystems GmbH, Wetzlar, Alemanha), com uma ampliação 20x e 40x (Cavalcanti *et al.*, 2004; Pinelli *et al.*, 2015).

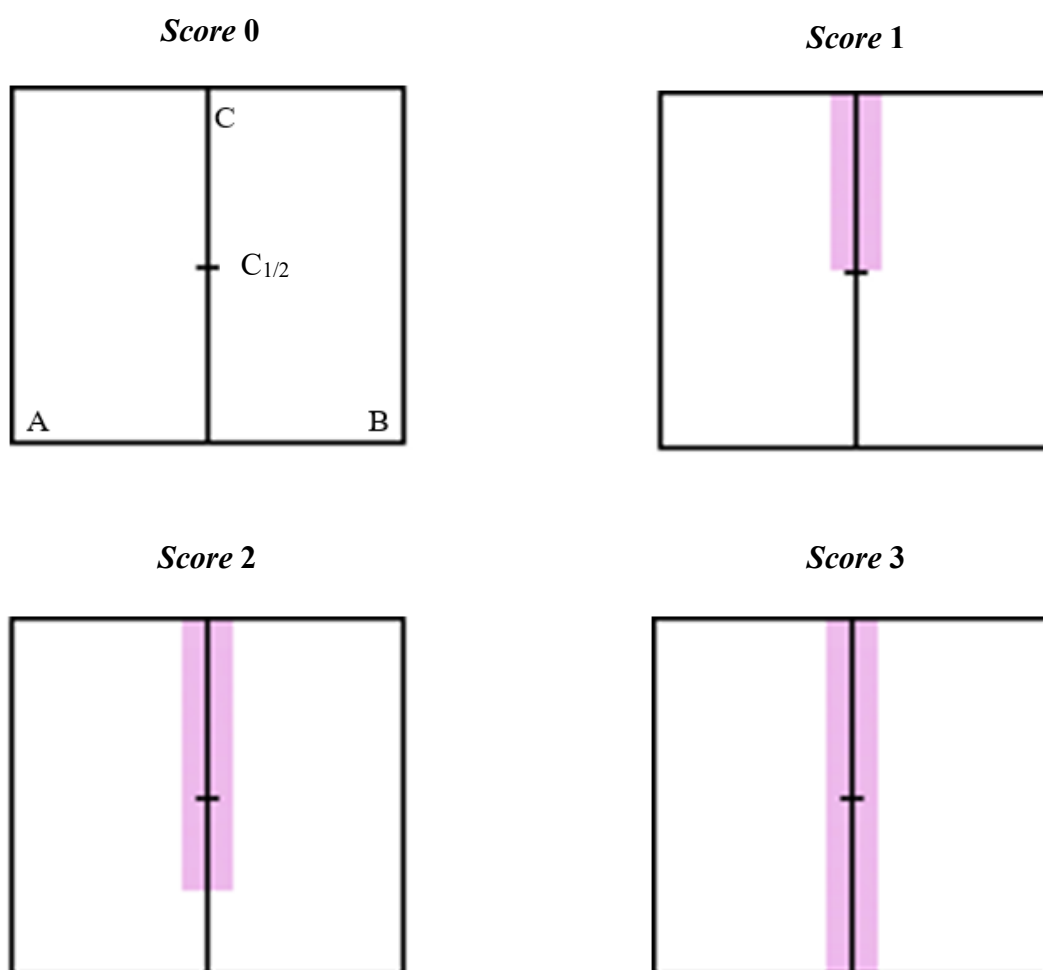
As imagens obtidas foram analisadas e avaliou-se a microinfiltração da interface com recurso a *scores* (Cavalcanti *et al.*, 2004; Shafiei *et al.*, 2016; Stoleriu *et al.*, 2017), utilizando os seguintes valores, como se pode observar na figura 22:

0= ausência de microinfiltração do corante na interface;

1= Ocorreu microinfiltração até  $\frac{1}{2}$  da interface;

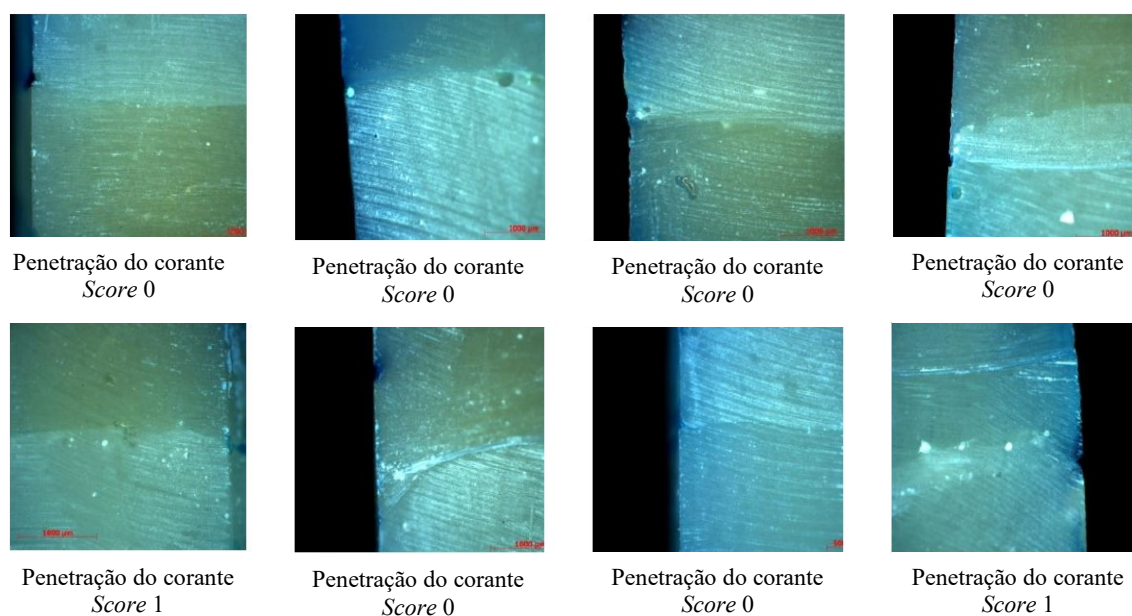
2=Ocorreu microinfiltração em mais de  $\frac{1}{2}$  mas sem envolvimento total da interface;

3=Ocorreu microinfiltração em toda a interface;



**Figura 22**-Ilustração da microinfiltração através da escala de *scores*. A-Resina A, B-Resina B, C-Interface, C<sub>1/2</sub>-1/2 da interface, a lilás encontra-se representado a penetração do corante.

De forma a esclarecer o modo de utilização da escala acima referida, na figura 23 encontram-se representados os resultados obtidos no estudo de Stoleriu e a sua equipa de investigação, de modo a exemplificar a representação de *score* 0 e *score* 1 obtidos na interface dos grupos que estudaram.



**Figura 23**-Representação da utilização da escala de score. (Adaptado de Stoleriu *et al.*, 2017).

## V. RESULTADOS

Na seguinte tabela 6 encontra-se representada a frequências dos valores de *score* da microinfiltração na interface, para os grupos de estudo.

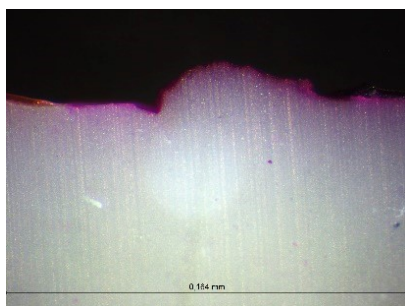
**Tabela 6-** Frequência dos valores de *score* das amostras dos grupos de estudo.

		<i>Score</i>				Mediana	Amplitude Interquartil
	Nº de amostras	0	1	2	3		
Grupo A	4	3	1	-	-	0	1
Grupo B	4	2	2	-	-	0,5	1
Grupo C	4	4	-	-	-	0	0
Grupo D	4	3	1	-	-	0	1

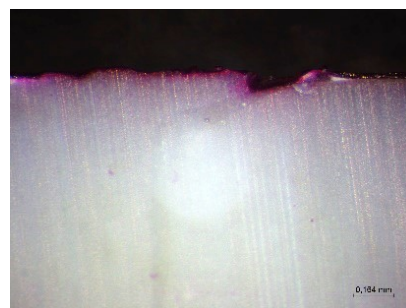
No grupo A somente uma das amostras obteve o *score* de 1 sendo que as restantes tiveram um *score* de 0, tendo acontecido o mesmo no grupo D. Em relação ao grupo B duas amostras possuíam um *score* de 1 e as restantes 0. No que diz respeito ao grupo C nenhuma das amostras obteve valor maior que 0 de *score*.

Na figura 24 encontra-se representadas exemplos das interfaces das amostras de cada grupo, pode-se observar exemplos de amostras com interface de *score* 0 (grupos A e C) e *score* 1 (grupos B e D).

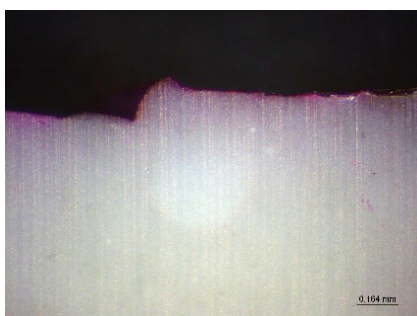
**Grupo A  
(Score 0)**



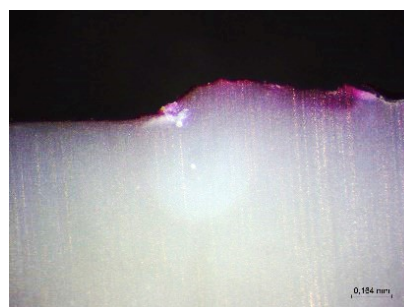
**Grupo B  
(Score 1)**



**Grupo C  
(Score 0)**



**Grupo D  
(Score 1)**



**Figura 24-** Aspeto da penetração do corante nas interfaces dos grupos de estudo.

Foi efetuada a análise estatística dos resultados obtidos com recurso ao programa IBM SPSS Statistics, utilizando métodos de análise não-paramétrica (teste Kruskal-Wallis), tendo sido estabelecido um nível de significância de 5%.

Os *scores* obtidos indicam uma ocorrência baixa de micro infiltração, uma vez que os valores variaram entre 0 e 1 para os grupos A, B e D, sendo que no grupo C não ocorreu microinfiltração em nenhum espécimen (*score* 0).

De modo a avaliar-se estatisticamente a influência do hipoclorito e as estratégias adesivas utilizadas, efetuou-se a comparação dos grupos (Tabela 7), na qual ocorreu microinfiltração na interface, ou seja, comparou-se os grupos que possuíam amostras com *score* superior a zero (grupos A, B e D).

**Tabela 7**-Estatísticas de teste Kruskal-Wallis

	<b><i>Score</i></b>
<b>H de Kruskal-Wallis</b>	2,500
<b>gl</b>	3
<b>Significância Sig.</b>	0,475

A comparação dos *scores* não evidencia a existência de diferenças significativas entre os grupos ( $p=0,475$ , teste de Kruskal-Wallis).

Deste modo, apesar de ter ocorrido microinfiltração em amostras de alguns grupos, estas diferenças não apresentam significado estatístico

## VI. DISCUSSÃO

No presente estudo pretendeu-se avaliar a influência da utilização do NaOCl no que diz respeito à ocorrência de microinfiltração, sendo que se procedeu à utilização de diferentes tratamentos de superfície, em junção com a irrigação com NaOCl, de modo a avaliar-se a sua influência na microinfiltração.

Segundo os resultados obtidos e após a análise estatística, a comparação do grupo controlo A (sistema adesivo + sem irrigação) com o grupo B (sistema adesivo + irrigação), revelou que a utilização da irrigação não influencia na microinfiltração, pois ( $p=0,475$ ), aceitando-se então a hipótese nula<sub>1</sub>: não existem diferenças estatisticamente significativas na microinfiltração na interface resina-resina após irrigação endodôntica com hipoclorito de sódio.

A comparação estatística dos grupos de estudo (C e D) com o grupo B revelou que os tratamentos de superfície não influenciaram os resultados de microinfiltração pois ( $p=0,475$ ), desta forma, aceita-se também a hipótese nula<sub>2</sub>: não existem diferenças estatisticamente significativas na microinfiltração na interface resina-resina após irrigação endodôntica com hipoclorito de sódio, entre diferentes protocolos adesivos.

Após pesquisas efetuadas, não existem estudos que investiguem as influências do NaOCl na microinfiltração em interfaces de resina composta com resina composta, sendo que a maioria dos estudos avaliou o efeito do NaOCl na microinfiltração em interface resina composta com dentina ou esmalte. Por outro lado, na literatura, existem vários estudos que investigam as influências dos tratamentos de superfície na microinfiltração e forças de adesão, sendo que também não têm como variável o NaOCl. Desta forma, torna-se complexo poder discutir os resultados obtidos na presente investigação com dados da literatura. No entanto, existem estudos com metodologia similar à presente investigação que podem contribuir com os seus resultados e conclusões para uma melhor interpretação dos resultados obtidos.

De entre os fatores que podem influenciar na microinfiltração existe a contração de polimerização, a natureza (física, química e biológica) dos substratos e a composição química dos adesivos utilizados (Drobac, Stojanac, Ramić, Premović, Petrović, 2015). Clinicamente, a presença de uma boa força de adesão é refletida na habilidade da interface adesiva prevenir a microinfiltração (Stoleriu *et al.*, 2017).

## **1. Comparação dos resultados com a literatura (tratamentos de superfície e influência dos sistemas adesivos na microinfiltração)**

Os tratamentos de superfície e os agentes de ligação são utilizados para melhorar a união entre substratos. Quando se efetua o condicionamento dos tecidos e materiais dentários a sua energia de superfície aumenta, contribuindo para uma melhor adesão. A utilização de ácido ortofosfórico, desgaste de superfície com brocas, jateamento com partículas de óxido de alumínio e laser são técnicas às quais os profissionais podem recorrer para alcançar esta finalidade (Silva *et al.*, 2013).

Diferentes métodos de tratamento de superfície e agentes intermediários (sistemas adesivos), foram estudados anteriormente, com o objetivo de se obter uma adesão ideal entre os materiais utilizados nos procedimentos de reparação de restaurações (Stoleriu *et al.*, 2017).

Num estudo efetuado por Cavalcanti *et al.*, (2004), no qual investigaram a microinfiltração na interface de reparo da restauração com a utilização de vários procedimentos de tratamento de superfície (jateamento com óxido de alumínio e utilização de broca esférica diamantada), concluíram que a microinfiltração na interface de reparo da restauração não foi influenciada pelos tratamentos de superfície. Os autores ainda sugerem que o uso do sistema adesivo, de forma standardizada, para todos os grupos de estudo terá mascarado o comportamento da influência do tratamento de superfície sobre a microinfiltração (Cavalcanti *et al.*, 2004).

Estas conclusões corroboram com os resultados obtidos na presente investigação, uma vez que os grupos de estudo C e D, nos quais se fez instrumentação da superfície com broca e jateamento com óxido de alumínio, respetivamente, não são estatisticamente diferentes do grupo B, ( $p=0,475$ ), em que a interface só foi condicionada com ácido ortofosfórico e aplicado sistema adesivo Optibond™ FL.

A maioria dos sistemas adesivos apresenta na sua constituição monómeros hidrofílicos de metacrilato (HEMA) com a principal função de melhorar a molhabilidade e permitir a difusão de monómeros para a formação da camada híbrida (Van Landuyt *et al.*, 2007).

O sistema adesivo usado nesta investigação foi o Optibond™ FL, que possui na sua constituição monómeros de HEMA. E após pesquisa na literatura sobre processos de reparação de restaurações, sabe-se que a composição química do adesivo poderá ter um papel preponderante comparativamente à resina usada.

No estudo conduzido por Celik *et al.*, (2015), com o objetivo de avaliar a microinfiltração entre diferentes sistemas adesivos e tratamentos de superfície na integridade das interfaces de reparo resina-resina e resina-dente, os autores concluíram que os valores de microinfiltração nas zonas de reparo (interface resina-resina), são menores, em comparação com a interface resina-dente. Sendo que os resultados desse estudo demonstraram que aplicação de sistema adesivo aumentou a adesão na interface de reparo significativamente, uma vez que melhorou a molhabilidade da superfície e proporcionou ligações químicas com o material restaurador (Celik, Cehreli & Arhun, 2015).

Estes resultados e conclusões estão de acordo com os da presente investigação, uma vez que o sistema adesivo foi aplicado em todas as amostras, e apesar de ter ocorrido microinfiltração em algumas delas, estatisticamente estas não são diferentes ( $p=0,475$ ), portanto podemos afirmar que o sistema adesivo na interface resina-resina contribui para uma melhor força de adesão, tendo prevenido a microinfiltração nos espécimes.

Rodrigues *et al.*, (2019), efetuou uma revisão de literatura, acerca das vantagens e indicações do reparo de restaurações em resina composta, ele e a sua equipa concluíram que a utilização da broca diamantada, para o reparo de restaurações, é uma técnica clinicamente viável, em combinação com condicionamento com ácido fosfórico e aplicação do sistema adesivo (Rodrigues *et al.*, 2019).

Tais resultados estão em consonância com os obtidos nesta investigação, dado que o grupo de estudo C (irrigação com NaOCl+ instrumentação da superfície com broca esférica diamantada+ ácido ortofosfórico+ Optibond™ FL) não obteve nenhuma amostra com microinfiltração, tal pode ser explicado devido à adequada força de adesão na interface conseguida pela rugosidade da superfície produzidas pela broca, e posterior infiltração do sistema adesivo nesta superfície tratada.

## **2. Comparação dos resultados obtidos com a literatura (influência do NaOCl na microinfiltração e a sua possível interação com resinas compostas e sistemas adesivos)**

Tal como referido anteriormente, não existe literatura que avalie a influência do NaOCl na microinfiltração na interface resina-resina, sendo que os estudos existentes investigaram a sua influência na interface resina-dentina e resina-esmalte.

A diminuição das forças de adesão, após aplicação de NaOCl, têm sido atribuídas à perda de capacidade da camada híbrida de absorver as forças de choque, bem como a alteração das propriedades físicas da dentina (Nagpal, Tewari & Gupta, 2007).

No estudo de Salama *et al.*, (2015), em que estudaram o efeito de irrigantes na microinfiltração de restaurações a compósito de dentes decíduos, os autores concluíram que não existiram diferenças nos valores de microinfiltração entre os grupos de estudo (NaOCl e CHX) e o de controlo. Sendo que nenhum dos irrigantes mencionados aumentou a microinfiltração ou foi prejudicial à adesão do esmalte e da dentina na técnica restauradora e dos materiais usados em comparação com o grupo controlo, onde nenhum irrigante foi aplicado (Salama, Balto, Al-Yahya, Al-Mofareh, 2015).

Contudo, estudos têm relatado existir alguma interferência entre o NaOCl residual com a polimerização de resinas e a sua interação com sistemas adesivos específicos, devido ao potencial oxidativo do NaOCl (Nagpal *et al.*, 2007).

Morris *et al.*, (2001), que estudou os efeitos do hipoclorito de sódio sobre as forças de ligação do cimento de resina às superfícies endodônticas, refere que a presença de peróxido de hidrogénio na interface adesiva, proveniente das reações do NaOCl, poderá levantar alguma preocupação. Dado que durante o processo de adesão este peróxido de hidrogénio pode degradar-se em água e oxigénio, criando bolhas e irregularidades na interface (Morris, Lee, Agee, Bouillaguet, Pashlet, 2001). O oxigénio formado é conhecido por inibir as reações de polimerização da resina, (Rueggeberg & Margeson, 1990), o que irá provocar uma incompleta polimerização da resina ocorrendo a formação de espaços e irregularidades na interface, estes fatores podem levar ao desenvolvimento da microinfiltração.



Num estudo de Nagpal *et al.*, (2007), em que investigaram os efeitos de vários tratamentos de superfície na microinfiltração e ultraestrutura de interface dente-resina, no qual utilizaram NaOCl para tratamento de superfície, obtiveram resultados de elevados valores de ocorrência de microinfiltração. No entanto, os investigadores justificam estes resultados devido à provável parcial inibição de polimerização na interface resina-dentina causada pelo efeito oxidante do NaOCl residual ou pela alteração da estrutura química da dentina, após aplicação do NaOCl. Os autores sugerem que a presença destes radicais livres de NaOCl reativos poderão competir com a propagação dos radicais livres de vinil, gerados durante o processo de ativação pela luz UV do adesivo e resina, resultando portanto numa reação de terminação da cadeia precoce ocorrendo então uma incompleta polimerização (Nagpal, *et al.*, 2007). Especula-se que zonas em que ocorreu uma incompleta polimerização sejam áreas onde ocorra a microinfiltração (Grossman & Sparrius, 1990).

No nosso estudo não se verificaram diferenças significativas na microinfiltração após irrigação com hipoclorito de sódio, o que poderá ser explicado pelo facto de não existir peróxido de hidrogénio residual, que pudesse reagir com o sistema adesivo, bem como a resina composta utilizada para a restauração.

Em relação à interação do NaOCl com os sistemas adesivos, encontrou-se na literatura um estudo de Shinohara *et al.*, (2004), em que se investigou os efeitos do hipoclorito de sódio na microinfiltração de restaurações a resina usando três sistemas adesivos (*one-bottle*) diferentes. Uma hipótese formulada pelos autores refere que a aplicação de NaOCl influencia consideravelmente sistemas adesivos contendo etanol e acetona, uma vez que interfere na molhabilidade das superfícies dentárias. Os resultados obtidos demonstraram que o NaOCl causou microinfiltração significativa nas margens da restauração em dentina. Tendo os autores concluído que o NaOCl influencia na microinfiltração dependendo do substrato e do sistema adesivo utilizado (Shinohara, Bedran-de-Castro, Amaral, Pimenta, 2004).

Existe então uma possível interação entre o NaOCl e alguns sistemas adesivos, sendo que esta interação poderá provocar microinfiltração. Comparando estes factos com o presente estudo, no qual foi utilizado o Optibond™ FL de forma estandardizada para todos os grupos, poderemos especular que este poderá ter prevenido a microinfiltração dado que o NaOCl não tem reação com os componentes do mesmo. Se existisse interação entre

ambos, que levasse à diminuição das forças de adesão, teríamos verificado diferenças estatisticamente significativas entre os grupos de estudo B (irrigação com NaOCl+ ácido ortofosfórico+ Optibond™ FL) e o grupo de controlo A (sem irrigação+ ácido ortofosfórico+ Optibond™ FL).

Segundo os resultados do presente estudo, o NaOCl não provocou microinfiltração, poderemos formular a hipótese de que o NaOCl, para poder provocar a microinfiltração, deveria interagir com o sistema adesivo utilizado ou a superfície da resina composta, alterando as suas propriedades físicas e químicas de forma a enfraquecer ou inibir a adesão na interface. No entanto, como foi aplicado o sistema adesivo, que promoveu a molhabilidade e adesão química entre os substratos, o possível efeito do NaOCl poderá ter sido minimizado.

Nos estudos acima descritos, existiu interação entre os substratos biológicos (dentina e esmalte) e o NaOCl, tendo este provocado microinfiltração, em algumas das investigações realizadas. No entanto, nesta investigação, os dois substratos a serem avaliados possuem características não biológicas (resina-resina), podemos então formular a hipótese de que o NaOCl não provocou microinfiltração uma vez que não teve interação com a resina ou o sistema adesivo, de forma a enfraquecer as suas ligações, evitando a ocorrência da microinfiltração.

### **3. Metodologia utilizada na presente investigação**

A presente investigação tratou-se de um estudo piloto, com uma pequena amostragem, sendo que a microinfiltração foi analisada e avaliada por um único operador e examinador.

As amostras foram colocadas em água e na estufa para simular as condições da cavidade oral e devido à água possuir a capacidade de preencher os espaços presentes na interface, desta forma, aquando da submersão das amostras em corante este irá ter maior capacidade e afinidade para preencher os espaços que contêm água. Desta forma conseguiremos obter resultados caso existam condições para que ocorra a microinfiltração. Os espécimes foram isolados com verniz incolor de modo a impermeabilizar os mesmos evitando a entrada do corante nas áreas para além das margens da interface de restauração (Quitero *et al.*, 2012).

Em relação à forma de aplicação do sistema adesivo este também constitui um dos fatores de variação para o a investigação. Apesar disso, observou-se na literatura que a maioria das investigações sobre microinfiltração segue as instruções do fabricante para o protocolo de aplicação do sistema adesivo. No que diz respeito à utilização do *primer* para a realização as restaurações, sabe-se que este não seria necessário, uma vez que os substratos são resina composta. Mas de forma a simular o que poderia ocorrer a nível clínico, ou seja, ao aplicar-se o *primer* na dentina este, inevitavelmente, também seria aplicado sobre a resina composta da restauração presente no dente, decidiu-se prosseguir com a sua aplicação em toda a interface das amostras.

No que corresponde à realização de restaurações com utilização de resina composta, esta é inserida com recurso à técnica incremental (Küçükeşmen & Sönmez, 2008; Quitero *et al.*, 2012).

Neste estudo recorreu-se à concentração de solução de hipoclorito de sódio a 5,25%, sendo que até então não existe consenso em relação às concentrações, podendo ser usadas concentrações no intervalo 0,5%-6% (Leonardo, 2005), apesar disso sabe-se que as concentrações ideais recomendadas na literatura são a 5,25% e 2,5% (Bahena, García, Morales, Rodríguez, Várguez, 2012). No entanto, a solução a 5,25% é a concentração com maior capacidade de desinfecção dos canais (Gomes *et al.*, 2001), sendo este um dos fatores mais importantes no tratamento endodôntico. Portanto optou-se pela utilização desta concentração para o protocolo de irrigação das amostras.

Poder-se-ia ter efetuado um maior número de cortes por amostra de forma a adquirir múltiplas superfícies de estudo, obtendo-se então uma avaliação mais realística da microinfiltração (Gonzalez *et al.*, 1997), dado que a microinfiltração poderá ter ocorrido em zonas nas quais o corte único não alcançou. No entanto, a escolha do número de cortes a utilizar deve ser do pesquisador, de acordo com os fatores de variabilidade em questão no estudo. O objetivo de realizar cortes múltiplos é a possibilidade de fazer mais análises em menores espaços, sendo que o mais comum na literatura é efetuar-se um corte único (Quitero *et al.*, 2012).

A forma de avaliação da microinfiltração no presente estudo foi através de uma escala de *score* (0-3), (Cavalcanti *et al.*, 2004; Shafiei *et al.*, 2016; Stoleriu *et al.*, 2017), sendo que se poderia ter recorrido à análise de imagem com recurso a *software* (Pinelli *et*

*al.*, 2015). No entanto cabe ao investigador decidir qual dos métodos utilizar, dado que os vários testes de detecção de microinfiltração são baseados na suposição de que todos eles produzem resultados semelhantes (Charlton & Moore, 1992).

## VII. CONCLUSÃO

Tendo em conta a metodologia utilizada, os resultados obtidos, as limitações do presente estudo e os objetivos ao qual esta investigação se propôs é possível concluir que:

1. A hipótese nula<sub>1</sub> deve ser aceite, ou seja, o NaOCl quando utilizado como solução irrigante, não provoca microinfiltração na interface adesiva resina-resina uma vez que não se encontram diferenças estatisticamente diferentes entre os grupos de estudo ( $p > 0,05$ );
2. A hipótese nula<sub>2</sub> também deve ser aceite, pois os tratamentos de superfície não influenciaram a ocorrência de microinfiltração, uma vez que os grupos de estudo B, C e D não apresentam diferenças estatisticamente diferentes entre si ( $p > 0,05$ );

### **Relevância clínica:**

Os resultados da presente investigação apresentam relevância a nível clínico, uma vez que as restaurações pré-endodônticas, que são feitas no início dos tratamentos endodônticos, são sujeitas a irrigação endodôntica durante várias seções do tratamento. Sendo que, na última consulta de endodontia, e após a obturação, recorre-se à resina composta para se efetuar a restauração definitiva coronária, como um dos tratamentos. Desta forma, levanta-se a questão se o irrigante terá capacidade de provocar microinfiltração na interface resina-resina. Estes dados são importantes, uma vez que cabe ao clínico decidir se remove a restauração pré-endodôntica, no final do tratamento, ou se a deixa no dente e efetua a restauração definitiva sobre esta resina, que foi sujeita à irrigação. Dados os resultados da presente investigação, verificou-se que o NaOCl (utilizado como irrigante), não provoca microinfiltração, portanto manter a restauração pré-endodôntica será uma das opções clínicas a considerar.

### **Perspetivas futuras:**

As restaurações podem ter como substrato esmalte, dentina ou resina, desta forma mais estudos deverão ser efetuados de modo a avaliar a influência do NaOCl na microinfiltração dessas interfaces, nomeadamente resina-esmalte e resina-dentina.



## VIII. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Anusavice, K., Shen, C., & Rawls, H.R. (2013). *Phillips' Science Of Dental Materials* (12ª edição), p.102-104. Riverport Lane St. Louis, Missouri: Elsevier.
- Aquino, C., Sokolonski, A., Mathias, P. & Araújo, R. (2017). Microinfiltração marginal em restaurações classe V de resina composta, associada a adesivo com e sem carga. *Revista de Ciências Médicas e Biológicas*, 15(3) 348-353. 10.9771/cmbio.v15i3.18187.
- Attar, N., Korkmaz, Y., Ozel, E., Bicer, C. O., & Firatli, E. (2008). Microleakage of Class V Cavities with Different Adhesive Systems Prepared by a Diamond Instrument and Different Parameters of Er:YAG Laser Irradiation. *Photomedicine and Laser Surgery*, 26(6), 585–591. doi:10.1089/pho.2007.2203
- Batista, A., Kowalczuck, A., & Dionízio, M. (2013). Reconstrução de paredes cavitárias pré-tratamento endodôntico: uma maneira simples de obter eficácia no isolamento absoluto. *Revista Dicas*, 2, 38-43.
- Borin, G., Becker, A.N. & Oliveira, E.P.M. (2007). A história do hipoclorito de sódio e a sua importância como substância auxiliar no preparo químico mecânico de canais radiculares. *Revista de Endodontia Pesquisa e Ensino On-Line*, 3(5). 1 ISSN 1980-7473.
- Bowen, R. L. (1979). Compatibility of Various Materials with Oral Tissues. I: The Components in Composite Restorations. *Journal of Dental Research*, 58(5), 1493-1503. doi:10.1177/00220345790580051301
- Breschi, L., Mazzoni, A., Ruggeri, A., Cadenaro, M., Di Lenarda, R., & De Stefano Dorigo, E. (2008). Dental adhesion review: Aging and stability of the bonded interface. *Dental Materials*, 24(1), 90–101. doi:10.1016/j.dental.2007.02.009
- Calheiros, F. C., Sadek, F. T., Braga, R. R., & Cardoso, P. E. C. (2004). Polymerization contraction stress of low-shrinkage composites and its correlation with microleakage in class V restorations. *Journal of Dentistry*, 32(5), 407–412. doi:10.1016/j.jdent.2004.01.014

- Cárdenas-Bahena, A., Sánchez-García, S., Tinajero-Morales, C. González-Rodríguez, V.M., & Baires-Vázquez, L. (2012). Use of sodium hypochlorite in root canal irrigation: Opinion survey and concentration in commercial products. *Revista Odontológica Mexicana*, 16(4), 252-258.
- Carvalho, R. M., Mendonça, J. S., Santiago, S. L., Silveira, R. R., Garcia, F. C. P., Tay, F. R., & Pashley, D. H. (2003). Effects of HEMA/Solvent Combinations on Bond Strength to Dentin. *Journal of Dental Research*, 82(8), 597–601. doi:10.1177/154405910308200805
- Castelucci, A. (2004). *Endodontics* (Vol.1). Firenze- Italy: Il Tridente.
- Cavalcanti, A. N., Lavigne, C., Fontes, C. M., & Mathias, P. (2004). Microleakage at the composite-repair interface: effect of different adhesive systems. *Journal of Applied Oral Science*, 12(3), 219–222. doi:10.1590/s1678-77572004000300011
- Celiberti, P., & Lussi, A. (2005). Use of a self-etching adhesive on previously etched intact enamel and its effect on sealant microleakage and tag formation. *Journal of Dentistry*, 33(2), 163–171. doi:10.1016/j.jdent.2004.08.010
- Celik, C., Cehreli, S.B., & Arhun, N. (2015). Resin composite repair: Quantitative microleakage evaluation of resin-resin and resin-tooth interfaces with different surface treatments. *European Journal of Dentistry*, 9(1), 92-99. doi:10.4103/1305-7456.149652
- Charlton, D. G., & Moore, B. K. (1992). In vitro evaluation of two microleakage detection tests. *Journal of Dentistry*, 20(1), 55–58. doi:10.1016/0300-5712(92)90015-5
- Cramer, N. B., Stansbury, J. W., & Bowman, C. N. (2010). Recent Advances and Developments in Composite Dental Restorative Materials. *Journal of Dental Research*, 90(4), 402–416. doi:10.1177/0022034510381263
- Culbertson, B. M., Wan, Q., & Tong, Y. (1997). Preparation and Evaluation of Visible Light-Cured Multi-Methacrylates for Dental Composites. *Journal of Macromolecular Science*, 34(12), 2405–2421. doi:10.1080/10601329708010056



- Dalli, M., Ercan, E., Ince, B., Sahbaz, C., Atakul, F., Bahşi, E. & Colak, H. (2013). A comparison of the levels of microleakage of five adhesive systems. *Journal of Restorative Dentistry*, 1(2), 66-71. 10.4103/2321-4619.116038.
- Dietrich, T., Lösche, A., Lösche, G. ., & Roulet, J.F. (1999). Marginal adaptation of direct composite and sandwich restorations in Class II cavities with cervical margins in dentin. *Journal of Dentistry*, 27(2), 119–128. doi:10.1016/s0300-5712(98)00035-9
- Drobac, M., Stojanac, I., Ramic, B., Premovic, M., & Petrovic, L. (2015). Micromorphological characterization of adhesive interface of sound dentin and total-etch and self-etch adhesives. *Medicinski Pregled*, 68(1-2), 10–16. doi:10.2298/mpns1502010d
- Estrela, C., Estrela, C. R. A., Barbin, E. L., Spanó, J. C. E., Marchesan, M. A., & Pécora, J. D. (2002). Mechanism of action of sodium hypochlorite. *Brazilian Dental Journal*, 13(2), 113–117. doi:10.1590/s0103-64402002000200007
- Fabianelli, A., Pollington, S., Davidson, C. L., Cagidiaco M.C., & Goracci C. (2007). The relevance of micro-leakage studies. *International dentistry*, 9(3).
- Fayyad, M. A., & Shortall, A. C. C. (1987). Microleakage of dentine-bonded posterior composite restorations. *Journal of Dentistry*, 15(2), 67–72. doi:10.1016/0300-5712(87)90002-9
- Feilzer, A. J., De Gee, A. J., & Davidson, C. L. (1987). Setting Stress in Composite Resin in Relation to Configuration of the Restoration. *Journal of Dental Research*, 66(11), 1636–1639. doi:10.1177/00220345870660110601
- Fernandes, H., Silva, R., Marinho, M.A.S, Oliveira, P.O.S., Silva, R., Ribeiro, J.C.R. & Moyses, M.R. (2014). Evolução Da Resina Composta: Revisão Da Literatura. *Revista Da Universidade Vale Do Rio Verde*, 12(2), 401-4011 10.5892/Ruvrd.V12i2.1465.
- Ferracane, J. L. (2006). Hygroscopic and hydrolytic effects in dental polymer networks. *Dental Materials*, 22(3), 211–222. doi:10.1016/j.dental.2005.05.005

- Ferracane, J. L. (2011). Resin composite—State of the art. *Dental Materials*, 27(1), 29–38. doi: 10.1016/j.dental.2010.10.020
- Floyd, C. J. E., & Dickens, S. H. (2006). Network structure of Bis-GMA- and UDMA-based resin systems. *Dental Materials*, 22(12), 1143–1149. doi: 10.1016/j.dental.2005.10.009
- Giannini, M., Makishi, P., Ayres, A. P. A., Vermelho, P. M., Fronza, B. M., Nikaido, T., & Tagami, J. (2015). Self-Etch Adhesive Systems: A Literature Review. *Brazilian Dental Journal*, 26(1), 3–10. doi:10.1590/0103-6440201302442
- Going, R. E. (1972). Microleakage Around Dental Restorations: A Summarizing Review. *The Journal of the American Dental Association*, 84(6), 1349–1357. doi:10.14219/jada.archive.1972.0226
- Gomes, B. P. F. A., Ferraz, C. C. R., M. E., V., Berber, V. B., Teixeira, F. B., & Souza-Filho, F. J. (2001). In vitro antimicrobial activity of several concentrations of sodium hypochlorite and chlorhexidine gluconate in the elimination of *Enterococcus faecalis*. *International Endodontic Journal*, 34(6), 424–428. doi:10.1046/j.1365-2591.2001.00410.x
- Gonzalez, N.A.G., Kasim, N.H.A., & Aziz, RD. (1997). Microleakage Testing. *Annals Dent Univ Malaya*, 4, 31-37.
- Grossman, E. S., & Sparrius, O. (1990). Marginal adaptation of composite resin-restored dentinal cavities. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 64(5), 519–522. doi:10.1016/0022-3913(90)90120-2
- Haapasalo, M., Shen, Y., Wang, Z., & Gao, Y. (2014). Irrigation in endodontics. *British Dental Journal*, 216(6), 299–303. doi:10.1038/sj.bdj.2014.204
- Haller, B., Hofmann, N., Klaiber, B., & Bloching, U. (1993). Effect of storage media on microleakage of five dentin bonding agents. *Dental Materials*, 9(3), 191–197. doi:10.1016/0109-5641(93)90119-b

- Hancock, H. H., Sigurdsson, A., Trope, M., & Moiseiwitsch, J. (2001). Bacteria isolated after unsuccessful endodontic treatment in a North American population. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*, 91(5), 579–586. doi:10.1067/moe.2001.113587
- Hargreaves, K.M., Cohen, S. & Berman, L. (2011). *Cohen's Pathways Of The Pulp*, (10<sup>a</sup> edição). Riverport Lane St. Louis, Missouri: Elsevier
- Hervás-García, A., Martínez-Lozano, M., Cabanes-Vila, J., Barjau-Escribano, A. & Fos-Galve, P. (2006). Composite resins. A review of the materials and clinical indications. *Medicina oral, patología oral y cirugía bucal*, 11, E215-E220.
- Heydrich, R. W. (2005). Pre-endodontic treatment restorations. *The Journal of the American Dental Association*, 136(5), 641–642. doi:10.14219/jada.archive.2005.0236
- Hofmann, N., Hugo, B., & Klaiber, B. (2002). Effect of irradiation type (LED or QTH) on photo-activated composite shrinkage strain kinetics, temperature rise, and hardness. *European Journal of Oral Sciences*, 110(6), 471–479. doi:10.1034/j.1600-0722.2002.21359.x
- Kim, K.-H., Ong, J. L., & Okuno, O. (2002). The effect of filler loading and morphology on the mechanical properties of contemporary composites. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 87(6), 642–649. doi:10.1067/mpr.2002.125179
- Küçükeşmen, C., & Sönmez, H. (2008). Microleakage of Class-V Composite Restorations with Different Bonding Systems on Fluorosed Teeth. *European journal of dentistry*, 2, 48-58. 10.1055/s-0039-1697354.
- Leonardo, M. (2005). Tratamento dos canais radiculares. In: Endodontia. Artes Médicas Editora. Brasil.
- Łukomska-Szymańska, M., Sokołowski, J., & Łapińska, B. (2017). Degradation of a hybrid layer– review of literature. *Journal of Stomatology*, 70(1), 88-94. <https://doi.org/10.5604/01.3001.0010.1775>

- Lundin, S.-Å., & Noren, J. G. (1991). Marginal leakage in occlusally loaded, etched, class-II composite resin restorations. *Acta Odontologica Scandinavica*, 49(4), 247–254. doi:10.3109/00016359109005915
- Malacarne, J., Carvalho, R. M., de Goes, M. F., Svizero, N., Pashley, D. H., Tay, F. R., & Carrilho, M. R. de O. (2006). Water sorption/solubility of dental adhesive resins. *Dental Materials*, 22(10), 973–980. doi:10.1016/j.dental.2005.11.020
- Mohammadi, Z. (2008). Sodium hypochlorite in endodontics: an update review. *International Dental Journal*, 58(6), 329–341. doi:10.1111/j.1875-595x.2008.tb00354.x
- Morris, M., Lee, K., Agee, K., Bouillaguet, S., & Pashley, D. (2001). Effects of Sodium Hypochlorite and RC-Prep on Bond Strengths of Resin Cement to Endodontic Surfaces. *Journal of Endodontics*, 27(12), 753–757. doi:10.1097/00004770-200112000-00010
- Nagpal, R., Tewari, S., & Gupta, R. (2007). Effect of Various Surface Treatments on the Microleakage and Ultrastructure of Resin-tooth Interface. *Operative Dentistry*, 32(1), 16–23. doi:10.2341/06-1
- Nica, L., Goguta, L., & Ianes, C. (2007). Pre-endodontic restorative treatment: the first step to success in endodontic therapy.
- Nikolaenko, S. A., Lohbauer, U., Roggendorf, M., Petschelt, A., Dasch, W., & Frankenberger, R. (2004). Influence of c-factor and layering technique on microtensile bond strength to dentin. *Dental Materials*, 20(6), 579–585. doi:10.1016/j.dental.2003.08.001
- Nunes, M. C. P., Franco, E. B., & Pereira, J.C. (2005). Marginal microleakage: critical analysis of methodology. *Salusvita, Bauru*, 24-(3), 487-502.
- Oliveira, N. A., Diniz L. S. M., Svizero, N. R., D’Alpino, P. H. P., & Pegoraro C.A.C. C. (2010). Sistemas adesivos: conceitos atuais e aplicações clínicas. *Revista Dentística online*, 9(19). ISSN 1518-4889

- Pashley, D. H., Tay, F. R., Breschi, L., Tjäderhane, L., Carvalho, R. M., Carrilho, M., & Tezvergil-Mutluay, A. (2011). State of the art etch-and-rinse adhesives. *Dental Materials*, 27(1), 1–16. doi:10.1016/j.dental.2010.10.016
- Pazinatto, F. B., Campos, B. B., Costa, L. C., & Atta, M. T. (2003). Effect of the number of thermocycles on microleakage of resin composite restorations. *Pesquisa Odontológica Brasileira*, 17(4), 337–341. doi:10.1590/s1517-74912003000400008
- Perdigão, J. (2007). New Developments in Dental Adhesion. *Dental Clinics of North America*, 51(2), 333–357. doi:10.1016/j.cden.2007.01.001
- Peumans, M., Kanumilli, P., Demunck, J., Vanlanduyt, K., Lambrechts, P., & Vanmeerbeek, B. (2005). Clinical effectiveness of contemporary adhesives: A systematic review of current clinical trials. *Dental Materials*, 21(9), 864–881. doi:10.1016/j.dental.2005.02.003
- Pinelli, C., Alvarenga, F.A.S., & Loffredo, L.C.M. (2015). Reliability of marginal microleakage assessment by visual and digital methods. *European Journal of Dentistry*, 9(1), 1. doi:10.4103/1305-7456.149628
- Prada, I., Mico-Munoz, P., Giner-Lluesma, T., Mico-Martinez, P., Muwaquet-Rodriguez, S., & Alberro-Monteagudo, A. (2019). Update of the therapeutic planning of irrigation and intracanal medication in root canal treatment. A literature review. *Journal of Clinical and Experimental Dentistry*, 11(12), 185–193. doi:10.4317/jced.55560
- Quitero, M.F.Z., Lopes, A.O., & Matos, B.A. (2017). Ensaio de microinfiltração: revisão da literatura. *Revista de Odontologia da Universidade Cidade de São Paulo*, 24(2), 123-133. 10.26843/ro\_unicid.v24i2.364.
- Reis, A., Carrilho, M., Breschi, L., & Loguercio, A. (2013). Overview of Clinical Alternatives to Minimize the Degradation of the Resin-dentin Bonds. *Operative Dentistry*, 38(4), E103–E127. doi:10.2341/12-258-lit
- Ritter, A.V., Boushell, L.W., & Walter, R. (2019). *Sturdevant's Art and Science of Operative Dentistry* (7ª edição). Riverport Lane St. Louis, Missouri: Elsevier.

- Rodrigues, B.L., Reis, G.F., Pires, I.C., BalmoHedrik N., Silva, T.B., & Santiago M.J.S. (2019). Reparo Em Restauração De Resina Composta- Dissertação (Mestrado) Universidade Vale do Rio Doce- Governador Valadare.
- Rosa, W. L. de O. da, Piva, E., & Silva, A. F. da. (2015). Bond strength of universal adhesives: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Dentistry*, 43(7), 765–776. doi:10.1016/j.jdent.2015.04.003
- Rueggeberg, F. A., & Margeson, D. H. (1990). The Effect of Oxygen Inhibition on an Unfilled/Filled Composite System. *Journal of Dental Research*, 69(10), 1652–1658. doi:10.1177/00220345900690100501
- Salama, F., Balto, H., Al-Yahya, F. & Al-Mofareh, S.. (2015). The effect of cavity disinfectants on microleakage of composite restorations in primary teeth. *European Journal of Paediatric Dentistry*. 16. 295-300.
- Sano, H. (2006). Microtensile Testing, Nanoleakage, and Biodegradation of Resin-Dentin Bonds. *Journal of Dental Research*, 85(1), 11–14. doi:10.1177/154405910608500102
- Shafiei, F., Berahman, N., & Niazi, E. (2016). Effect of Finishing Time on Microleakage at the Composite-Repair Interface. *The Open Dentistry Journal*, 10, 497-504.
- Shinohara, M.S, Bedran-de-Castro, A.K.B., Amaral, C.M., & Pimenta, L.A.F. (2004). The effect of sodium hypochlorite on microleakage of composite resin restorations using three adhesive systems. *The journal of adhesive dentistry*, 6(2), 123-127.
- Silva, E.F., Melo, D., Batista, A., Lisboa, J., Fonseca, R., & Mathias, P. (2013). Reparo de restauração de resina composta: revisão de literatura e apresentação de caso clínico. *Revista Bahiana de Odontologia*, 4(1), 65-75. 10.17267/2238-2720revbahianaodonto.v4i1.118
- Silva, F.R., Berger, C.R., Pelissari, A.C., Kröling, E.A., & Padilha, E.Z. (2012). Técnicas de isolamento absoluto em dentes com estrutura remanescente mínima: revisão de literatura. Absolute isolation technique on teeth with minimum remaining structure: literature review. DOI: 10.5212/Publ.Biologicas.v.17i2.0005.

- Silva, M., Messer, L. B., Douglas, W., & Weinberg, R. (1985). Base-varnish interactions around amalgam restorations: Spectrophotometric and microscopic assessment of leakage. *Australian Dental Journal*, 30(2), 89–95. doi:10.1111/j.1834-7819.1985.tb05349.x
- Sim, T. P. C., Knowles, J. C., Ng, Y.-L., Shelton, J., & Gulabivala, K. (2001). Effect of sodium hypochlorite on mechanical properties of dentine and tooth surface strain. *International Endodontic Journal*, 34(2), 120–132. doi:10.1046/j.1365-2591.2001.00357.x
- Söderholm, K.-J. M. (1991). Correlation of in vivo and in vitro performance of adhesive restorative materials: A report of the ASC MD156 task group on test methods for the adhesion of restorative materials. *Dental Materials*, 7(2), 74–83. doi:10.1016/0109-5641(91)90049-5
- Sofan, E., Sofan, A., Palaia, G., Tenore, G., Romeo, U., & Migliau, G. (2017). Classification review of dental adhesive systems: from the IV generation to the universal type. *Annali Di Stomatologia*, 8(1), 1. doi:10.11138/ads/2017.8.1.001
- Stoleriu, S., Andrian, S., Galina, Pancu, G., Nica, I., & Iovan, G. (2017). Evaluation of Resin-Resin Interface in Direct Composite Restoration Repair. IOP Conference Series: *Materials Science and Engineering*. 209. 012078. 10.1088/1757-899X/209/1/012078.
- Talib, R. (1993). Dental Composites: A Review. *The Journal of Nihon University School of Dentistry*, 35(3), 161–170. doi:10.2334/josnusd1959.35.161
- Taylor, M. J. & Lynch, E. (1992). Microleakage- Review. *Journal of Dentistry*, 20(1).
- Valera, M. C., Silva, K. C. G. da, Maekawa, L. E., Carvalho, C. A. T., Koga-Ito, C. Y., Camargo, C. H. R., & Lima, R. S. e. (2009). Antimicrobial activity of sodium hypochlorite associated with intracanal medication for *Candida albicans* and *Enterococcus faecalis* inoculated in root canals. *Journal of Applied Oral Science*, 17(6), 555–559. doi:10.1590/s1678-77572009000600003

- Van Landuyt, K. L., Snauwaert, J., De Munck, J., Peumans, M., Yoshida, Y., Poitevin, A., Coutinho, E., Suzuki, K., Lambrechts, P., & Van Meerbeek, B. (2007). Systematic review of the chemical composition of contemporary dental adhesives. *Biomaterials*, 28(26), 3757–3785. doi:10.1016/j.biomaterials.2007.04.044
- Van Meerbeek, B., Dhem, A., Goret-Nicaise, M., Braem, M., Lambrechts, P., & Vanherle, G. (1993). Comparative SEM and TEM Examination of the Ultrastructure of the Resin-Dentin Interdiffusion Zone. *Journal of Dental Research*, 72(2), 495–501. doi:10.1177/00220345930720020501
- Van Meerbeek, B., Peumans, M., Poitevin, A., Mine, A., Van Ende, A., Neves, A., & De Munck, J. (2010). Relationship between bond-strength tests and clinical outcomes. *Dental Materials*, 26(2), e100–e121. doi:10.1016/j.dental.2009.11.148
- Van Meerbeek, B., Yoshihara, K., Yoshida, Y., Mine, A., De Munck, J., & Van Landuyt, K.L. (2011). State of the art of self-etch adhesives. *Dental Materials*, 27(1), 17–28. doi:10.1016/j.dental.2010.10.023
- Vinagre, A., & Ramos, J. (2016). Adhesion in Restorative Dentistry. Adhesives - Applications and Properties. doi:10.5772/65605
- Wagner, A., Wendler, M., Petschelt, A., Belli, R., & Lohbauer, U. (2014). Bonding performance of universal adhesives in different etching modes. *Journal of Dentistry*, 42(7), 800–807. doi:10.1016/j.jdent.2014.04.012
- Watanabe, I., Nakabayashi, N., & Pashley, D. H. (1994). Bonding to Ground Dentin by a Phenyl-P Self -etching Primer. *Journal of Dental Research*, 73(6), 1212–1220. doi:10.1177/00220345940730061301
- Zehnder, M. (2006). Root Canal Irrigants. *Journal of Endodontics*, 32(5), 389–398. doi:10.1016/j.joen.2005.09.014
- Zehnder, M., Kosicki, D., Luder, H., Sener, B., & Waltimo, T. (2002). Tissue-dissolving capacity and antibacterial effect of buffered and unbuffered hypochlorite



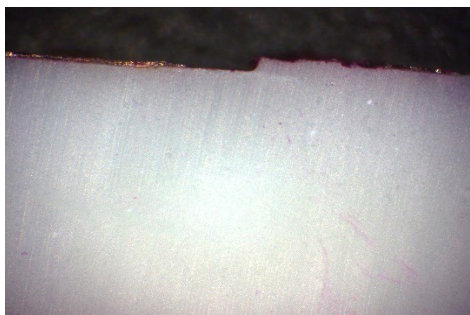
solutions. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*, 94(6), 756–762. doi:10.1067/moe.2002.128961

Zimmerli, B., Strub, M., Kissling - Jeger, F., Stadler, O., & Lussi, A. (2010). Composite materials: Composition, properties and clinical applications. A literature review. *Revue mensuelle suisse d'odonto-stomatologie*, 120, 972-979.

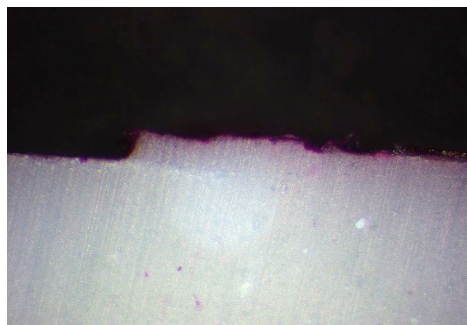


## IX. ANEXOS

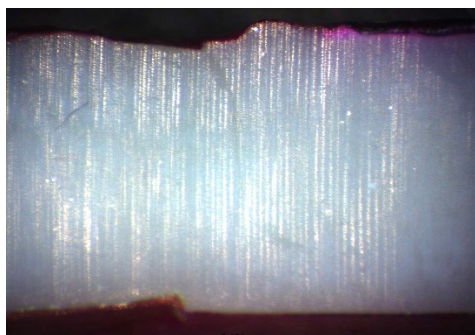
### Interface das amostras Grupo A



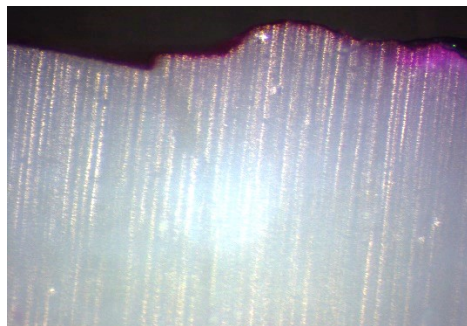
Amostra 1 (*Score* 0) - Ampliação 20x.



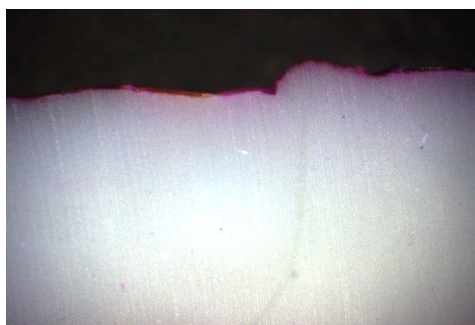
Amostra 1 (*Score* 0) -Ampliação 40x.



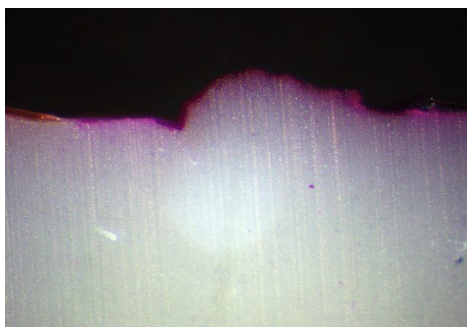
Amostra 2 (*Score* 0) - Ampliação 20x.



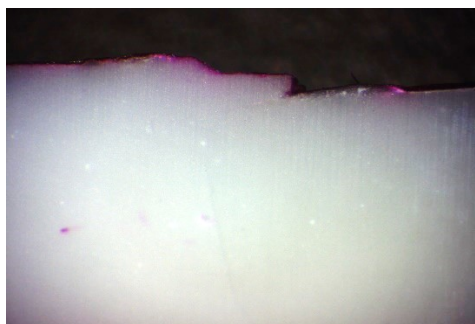
Amostra 2 (*Score* 0) -Ampliação 40x.



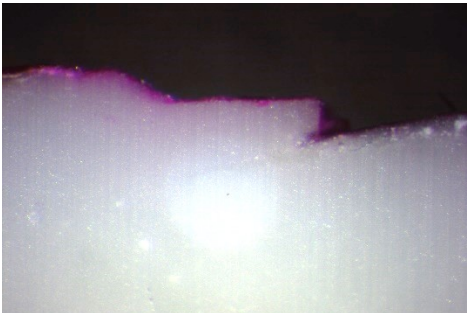
Amostra 3 (*Score* 0) - Ampliação 20x.



Amostra 3 (*Score* 0) - Ampliação 40x.



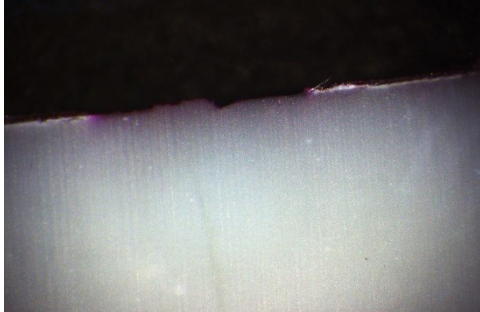
Amostra 4 (*Score* 1) - Ampliação 20x



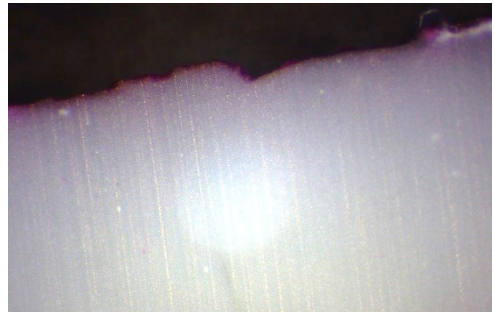
Amostra 4 (*Score* 1) - Ampliação 40x



## Interface das amostras Grupo B



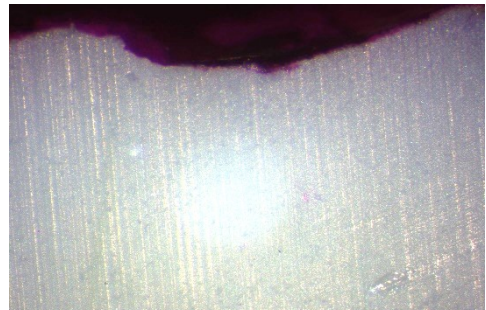
Amostra 1 (*Score* 0) - Ampliação 20x.



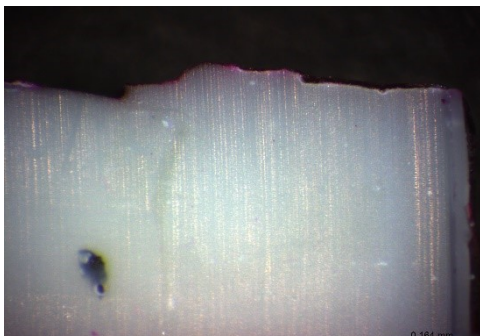
Amostra 1 (*Score* 0) -Ampliação 40x.



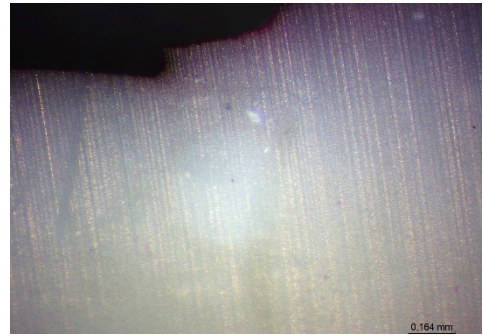
Amostra 2 (*Score* 1) - Ampliação 20x.



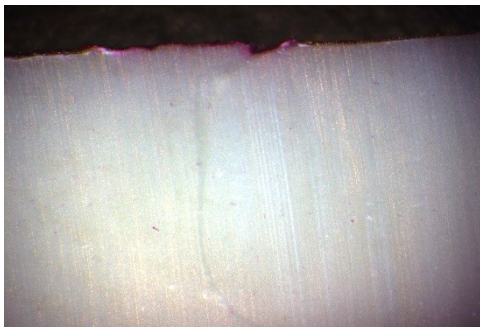
Amostra 2 (*Score* 1) -Ampliação 40x.



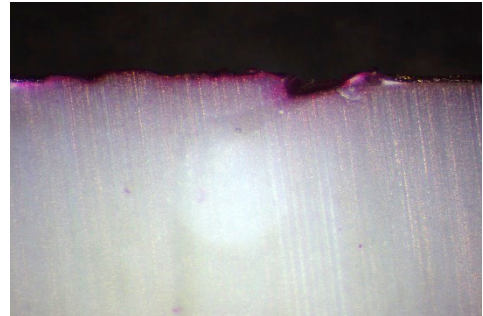
Amostra 3 (*Score* 0) - Ampliação 20x.



Amostra 3 (*Score* 0) - Ampliação 40x.



Amostra 4 (*Score* 1) - Ampliação 20x

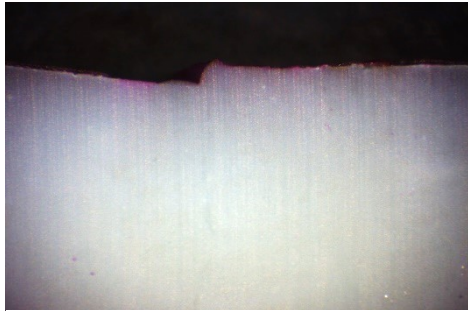


Amostra 4 (*Score* 1) - Ampliação 40x

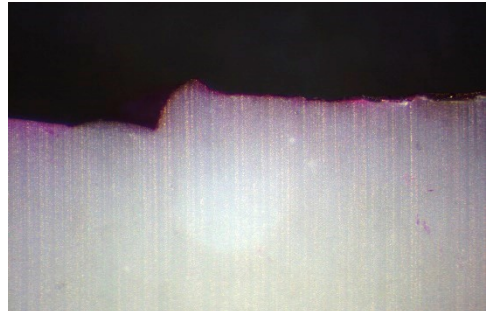




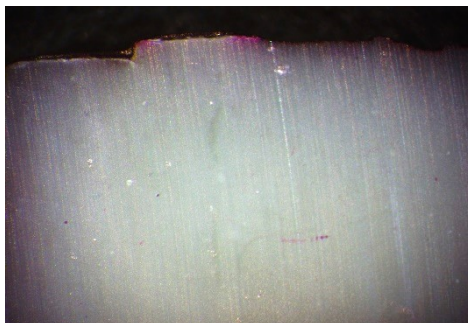
## Interface das amostras Grupo C



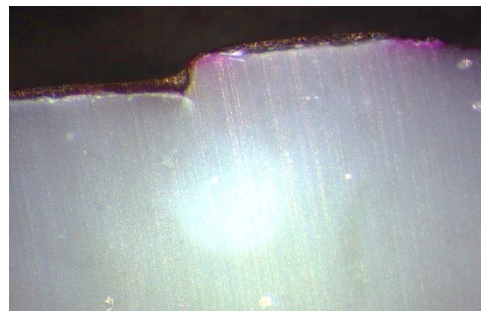
Amostra 1 (*Score* 0) - Ampliação 20x.



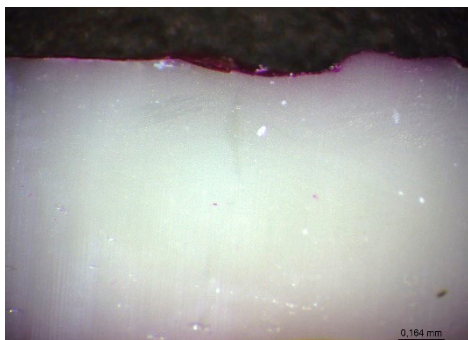
Amostra 1 (*Score* 0) -Ampliação 40x.



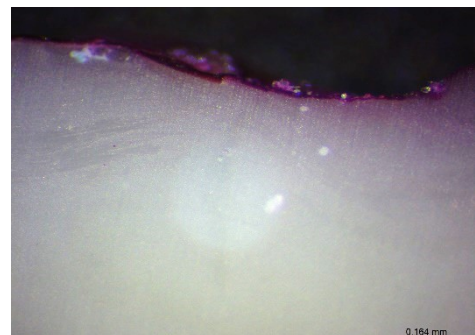
Amostra 2 (*Score* 0) - Ampliação 20x.



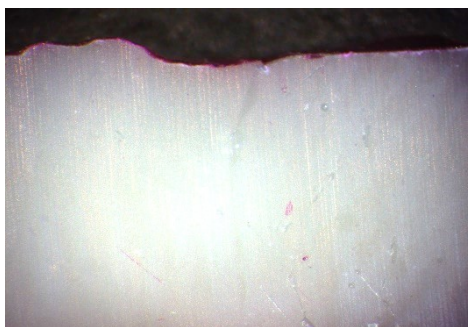
Amostra 2 (*Score* 0) -Ampliação 40x.



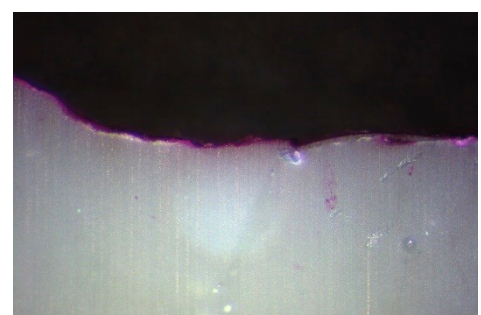
Amostra 3 (*Score* 0) - Ampliação 20x.



Amostra 3 (*Score* 0) - Ampliação 40x.



Amostra 4 (*Score* 0) - Ampliação 20x

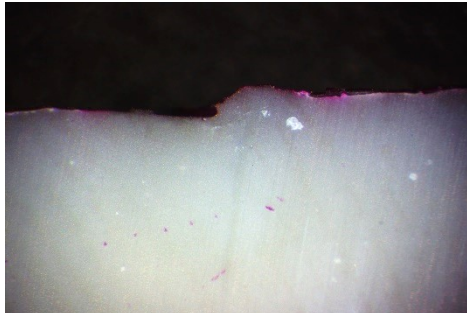


Amostra 4 (*Score* 0) - Ampliação 40x

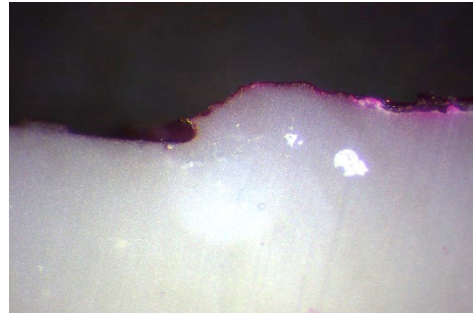




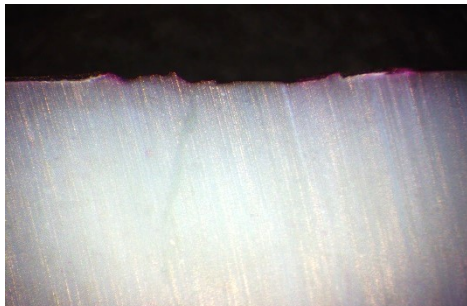
## Interface das amostras Grupo D



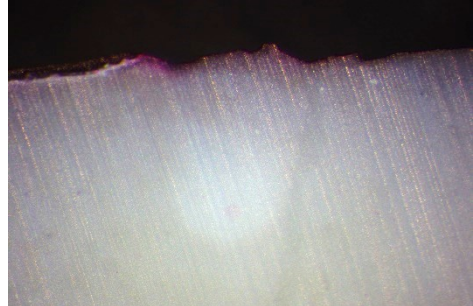
Amostra 1 (*Score* 0) - Ampliação 20x.



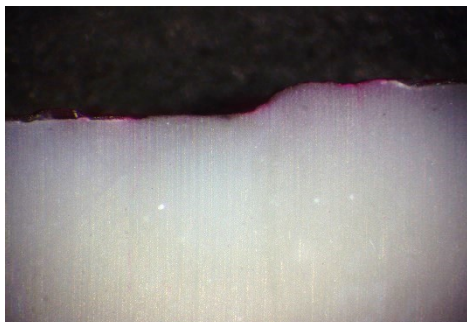
Amostra 1 (*Score* 0) -Ampliação 40x.



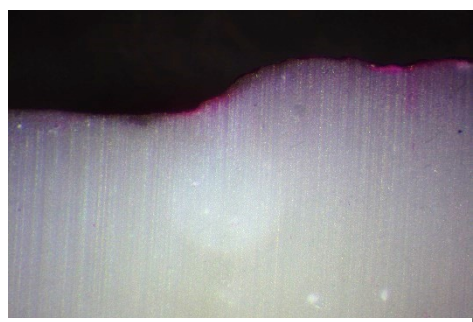
Amostra 2 (*Score* 0) - Ampliação 20x.



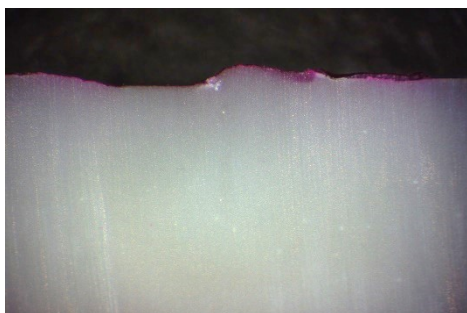
Amostra 2 (*Score* 0) -Ampliação 40x.



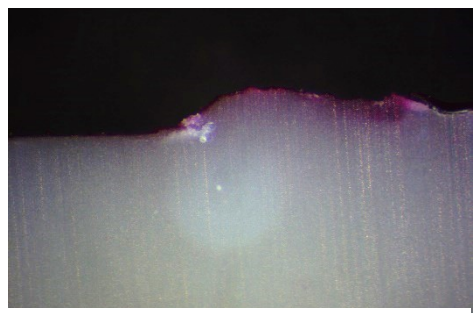
Amostra 3 (*Score* 0) - Ampliação 20x.



Amostra 3 (*Score* 0) - Ampliação 40x.



Amostra 4 (*Score* 1) - Ampliação 20x



Amostra 4 (*Score* 1) - Ampliação 40x